Die

Rotationszeit des Planeten Venus.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Fakultät

der Kgl. bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

von

Walter Villiger

aus Hünenberg (Schweiz).

(Separat-Abdruck aus den neuen Annalen der K. Sternwarte München, Bd. III.)

MÜNCHEN 1898.

Druck der Akademischen Buchdruckerei von F. Straub.

Die

Rotationszeit des Planeten Venus.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Fakultät

der Kgl. bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

von

Walter Villiger

aus Hünenberg (Schweiz).

(Separat-Abdruck aus den neuen Annalen der K. Sternwarte München, Bd. III.)

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

MÜNCHEN 1898.

Druck der Akademischen Buchdruckerei von F. Straub.

Einleitung.

Wenn den folgenden Betrachtungen die Ueberschrift »Die Rotationszeit des Planeten Venus« gegeben wird, so geschieht dies durchaus nicht mit der Absicht, zu den vorhandenen zahlreichen Werten für diese Rotation einen weiteren hinzuzufügen und in dieser Hinsicht ist eigentlich der obige Titel nicht ganz glücklich gewählt. Ich habe ihn aber trotzdem beibehalten, indem derselbe am kürzesten angibt, worüber die folgenden Zeilen handeln. Ueber die Rotationszeit des Planeten Venus ist gerade in letzter Zeit gar viel geschrieben worden, aber trotzdem ist unsere Kenntnis jener Stunden, Minuten und Sekunden, innerhalb welcher Venus sich einmal um ihre Axe dreht, keine genauere geworden, ja man darf wohl mit viel Recht behaupten, dass die Unsicherheit, mit welcher uns dieser Wert bekannt ist, gerade durch die neuesten Untersuchungen zur völligen Unkenntnis herabgesunken ist. Die grosse Meinungsverschiedenheit in dieser Frage, welche in neuerer Zeit den Anstoss zu zahlreichen Controversen gegeben hat, beweist wohl am besten, wie ungenau unsere Kenntnis des Venustages noch ist. Auch hat es gar nicht den Anschein, dass in dieser Frage eine Einigung erzielt werden könne, ja es scheint bei genauerem Zusehen eine solche ganz unmöglich zu sein, so lange man darauf beharrt, alle gemachten Wahrnehmungen reellen, auf der Planetenoberfläche vorhandenen Configurationen zuzuschreiben. Unter solchen Umständen scheint nun offenbar der Versuch, den vorhandenen Zwiespalt durch Hinzuziehung weiterer Gesichtspunkte zu heben, vollständig gerechtfertigt. Als ein solcher Versuch möchte ich nun die nachfolgenden Betrachtungen angesehen wissen, der, wenn auch noch recht lückenhaft, doch den vorhandenen Meinungsunterschied auf einfache Weise zu erklären im Stande sein wird.

Nachdem wir uns durch einen kurzen geschichtlichen Ueberblick die Wahrnehmungen seit D. Cassinis Zeiten vergegenwärtigt haben, sollen dann einige Ursachen bemerkt werden, welche bei derartigen Beobachtungen zur Geltung gelangen können, um nachher speciell die Lichtverteilung auf der unvollständig beleuchteten Planetenscheibe näher zu studieren, sowie die damit zusammenhängenden physiologisch-optischen Phaenomene. Wenn ich dabei eine Anzahl Beobachtungen in einer Weise benutzt habe, wie solche die Herren Beobachter wohl nicht angewendet wissen wollen, so möchte ich hier um Entschuldigung bitten, indem ich gleichzeitig nochmals darauf aufmerksam mache, dass es sich nur um einen Erklärungsversuch, nicht um ein endgültiges Resultat handelt.

Endlich drängt es mich noch, Herrn Professor Dr. H. Seeliger für die zahlreichen Ratschläge und Winke, welche er mir besonders auch bezüglich der angestellten Versuche gegeben hat, hier meinen aufrichtigsten Dank zu sagen.

1.

Wenn wir die Geschichte der Venusrotation überblicken, so lassen sich drei sowohl zeitlich, als auch in Bezug auf die Resultate getrennte Perioden unterscheiden. Jede derselben ist bezeichnet durch einen oder mehrere bedeutende Beobachter, welche in derselben, ich möchte fast sagen, tonangebend waren. Die Namen Cassini und Bianchini knüpfen sich an die erste (1666—1730), der Lielienthaler Astronom H. Schröter und De Vico charakterisieren die zweite (1780—1840), und endlich die letzte Periode gehört unserer Zeit an und man kann wohl sagen, dass dieselbe durch die Arbeit von Herrn Schiaparelli ins Leben gerufen wurde.

Es ist nun gar nicht meine Absicht, hier eine vollständig erschöpfende Darstellung der Entwickelung dieses Gegenstandes zu geben, sondern ich möchte mich darauf beschränken, diejenigen Punkte hervorzuheben, welche für das nachfolgende in erster Linie in Frage kommen. Auch wäre eine vollständige Darstellung schon insofern ganz zwecklos, als eine solche von Herrn Schiaparelli schon vorliegt. Ich werde mich deshalb auch möglichst an jene Bearbeitung des Gegenstandes halten und die Resultate von Herrn Schiaparelli immer gleich an der betreffenden Stelle mit angeben. Wir werden dadurch mehr und mehr auch zu der Ueberzeugung gelangen, dass auch Herr Schiaparelli eigentlich auf dem Standpunkte steht, von dem aus man gezwungen ist, den grössten Teil der auf Venus gemachten Wahrnehmungen als blosse Sinnestäuschungen hinzustellen.

»Ce seroit en vain qu'on tâcheroit de déterminer par ce moyen s'il y a du mouvement.« Diese Worte von Johann Dominicus Cassini kennzeichnen wohl am besten die Stellung, welche er bezüglich der Venusrotation einnahm und es scheint auch in dieser Frage wie in anderen Cassini schon das Richtige herausgefühlt zu haben. Er hat gewissermassen die Grundpfeiler derjenigen Ansicht gelegt, der wir jetzt nach mehr denn zwei Jahrhunderten von neuem wieder zustreben.

Nachdem Dominicus Cassini mit so grossem Erfolge für die Planeten Mars und Jupiter aus seinen Beobachtungen Werte für die Rotationszeit abgeleitet hatte, richtete er seine für jene Zeiten ausgezeichneten campanischen Fernrohre auch nach dem Planeten Venus und er machte nach vielen Bemühungen die folgenden Wahrnehmungen:

Auf der Planetenscheibe zeigen sich oft schwache unregelmässige dunkle Flecken, welche einen grossen Teil der Scheibe einnehmen und keine gut markirten Grenzen haben. Solche dunkle Flecken sind in der Arbeit von D. Cassini[1]) auf einigen Figuren angedeutet und als sehr auffallende Thatsache ist die symmetrische Anordnung derselben zur Figur der Planetenscheibe hinzustellen, welches Aussehen Cassini selbst mit folgenden Worten kennzeichnet:

»Le 9. Mai environ au lever du soleil je vis encore cette partie luisante auprès du centre de cette planète vers le septentrion, avec deux taches obscures situées entre la section et la circonférence, et également éloignées l'une et l'autre et de chaque corne de part et d'autre.«

Diese dunklen Flecke sind bei Cassini als dunkle parallel zur äusseren Lichtgrenze verlaufende Streifen gezeichnet und es wird sich später zeigen, dass über deren Ursache wohl kaum mehr ein Zweifel bestehen kann. Vorerst möge hier die Bemerkung genügen, dass Cassini an denselben durchaus keine Bewegung konstatiëren konnte, und es stimmen schon nach dieser Richtung hin diese dunklen Flecken gar nicht mit seinen Beobachtungen eines hellen Fleckes, von dem er eine Bewegung doch ganz gut hat wahrnehmen können.

---

[1]) Journal des Savans Paris 1667.

Von diesem hellen Flecke hat Cassini 12 Beobachtungen angestellt. Zum ersten Male sah er einen solchen am 13. Oktober 1666; dann im Jahre 1667 an den folgenden Tagen:

20. bis 21. April 6 Beobachtungen.
9. „ 13. Mai 3 „
5. „ 6. Juni 2 „

Cassini hat nun seine Beobachtungen immer in der Dämmerung nur noch kurze Zeit nach Sonnenaufgang angestellt, was natürlich seine Wahrnehmungen infolge des tiefen Standes des Planeten sehr beeinträchtigen musste; er bezeichnet denn auch selbst diesen Umstand als eine der Hauptschwierigkeiten. Wenn man nun auch eine Beeinflussung seiner Wahrnehmungen durch diese schlechten Umstände und die damit immer verbundenen unruhigen Bilder nicht von vorneherein annehmen will, so treten uns doch mit den Bemerkungen, welche Cassini zu seinen Beobachtungen macht, schwerwiegende Bedenken entgegen. Sehen wir also zu, was Cassini zu seinen Beobachtungen vom 20., 21. April 1667 sagt:

»Mais ce-jour-là, un quart d'heure avant le lever du soleil, je commençoy à voir sur le disque de cette planète, dont la moitiè ou environ paroissoit pour lors éclairée, une partie luisante située auprès de la sektion. Comme le soleil se levoit, j'appercus que cette partie luisante n'étoit plus si proche de la corne méridional et qu'elle en étoit éloiguée de la troisième partie du diamètre. . . . .

Le lendemain au lever du soleil cette partie luisante n'étoit pas bien loin de la section, et étoit distante de la corne méridionale de la quatrième partie du diamètre. Lorsque le soleil fut élevé de 4 Degrez, elle étoit située proche de la section, et éloiguée de la corne méridionale de deux cinquième du diamètre. Le soleil étant élevé de 6 Degrez 10 Minutes il sembloit qu'elle eust passe le centre, et que la section du disque la coupoit. Et le soleil étant élevé de 7 Degrez, elle paroissoit encore plus avancée vers le septentrion et la section la coupoit en deux, d'où je connus qu'il y avoit quelque inclination de mouvement vers le couchant.«

Cassini bemerkt hier immer zu seinen Wahrnehmungen die gleichzeitige Höhe der Sonne. Es mag dies nun ja allerdings nur geschehen sein, um eine Zeitangabe zu machen, und dann könnte man auch ganz ohne Bedenken die Beobachtungen als von dem Stande der Sonne unabhängig hinnehmen.

Nehmen wir nun beispielsweise für obige Beobachtung vom 21. April thatsächlich diese Unabhängigkeit an, d. h. nehmen wir auf Venus eine Rotationsbewegung an, wie sie aus der beobachteten Verschiebung jenes hellen Fleckes folgt. Bei Sonnenaufgang war der Fleck um $^1/_4$ Durchmesser vom Südhorn entfernt und als die Sonne eine Höhe von 6° 10′ erreicht hatte, war derselbe schon über die Mitte der Planetenscheibe vorgerückt. Nehmen wir also an, der Fleck habe sich um $^1/_4$ Durchmesser weiterbewegt, so entspricht dies einer Winkelbewegung von 30°, welcher Wert eher noch zu klein angenommen ist, da Cassini selbst sagt, dass der Fleck zuletzt die Mitte des Durchmessers schon überschritten hatte. Setzt man ferner:

Deklination der Sonne (April 21) + 14°
Polhöhe von Bologna + 44° 30′

dann ergibt sich als Zeitdifferenz der beiden Beobachtungen ungefähr 36 Minuten. In 36 Minuten hat sich also der Fleck 30° weiterbewegt, er würde also in 7 bis 8 Stunden eine volle Umdrehung ausführen und zwar um eine Axe, welche fast parallel mit der Ekliptik ist und der aufsteigende Knoten des Aequators des Planeten befindet sich in 200° Länge.

Herr Schiaparelli hat nun gezeigt, dass die Annahme, der von Cassini gesehene helle Fleck sei immer derselbe gewesen, auf eine Rotation führt, die um einige Minuten kleiner als 24 Stunden ist, ein Resultat, das sich mit dem oben erhaltenen gar nicht verträgt. Der Widerspruch liesse sich vielleicht dadurch heben, dass man annimmt, der helle Fleck sei nicht immer derselbe gewesen. Doch ist auch dies vollständig unzulässig, denn man kommt dadurch mit allen neueren Wahrnehmungen in Widerspruch und es bleibt somit nichts anderes übrig, als die Erscheinung jener

hellen Flecke auf andere Art zu erklären. Sehen wir nun zu, wie Herr Schiaparelli[1]) versucht, die Erscheinungen zu erklären:

»Allorchè Venere non è troppo lontana della massima digressione, e il suo aspetto ne troppo diverso della dicotomia, il passagio della piena luce all' oscurità del terminatore suole farsi con una certa gradazione piuttosto lenta, la quale non sempre succede per variazione continua secondo le leggi della fotometria, ma offre talvolta accenni ad irregolari eccessi di luce in certe regioni, e ad irregolari deficienze in certe altre. Nascono così apparenze confuse di macchie e di tratti oscuri, altrenati con altri più chiari, che però non sempre in ogni tempo sono di uguale evidenza, nè in ugual modo si vedono di giorno e di notte e non sono neppure ugualmente manifesti in telescopi di diversa amplificazione e potenza.«[1])

Herr Schiaparelli sagt wohl, dass diese Lichtabnahme nicht streng nach den photometrischen Gesetzen stattfindet, er gibt aber weiter keinen Grund für diese Abweichungen an. Dieselbe darf nun aber offenbar nicht in der Konstitution der Oberfläche resp. der Atmosphäre des Himmelskörpers selbst gesucht werden, denn sobald man dies voraussetzt, stellt man sich wieder auf den Standpunkt von Cassini, d. h. man nimmt die gesehenen hellen und dunklen Flecke als auf der Planetenoberfläche selbst vorhanden an, sei es nun auf irgend welche Art z. B. durch teilweise Wolkenbildungen oder durch Aufhellungen in einer Atmosphäre. Es liegt also kein anderer Ausweg offen, als dass wir die Entstehung der Flecke in unsere eigene Atmosphäre oder endlich in unser Auge selbst verlegen. Durch die Unruhe unserer Atmosphäre können ja solche Unregelmässigkeiten an der Terminatorgrenze wohl entstehen, besonders bei tiefem Stande des Planeten, wobei die Bilder wohl fast nie die Ruhe und Schärfe haben, welche bei derartigen Beobachtungen unbedingt erforderlich ist.

Cassini scheint auch gefühlt zu haben, dass die Beobachtungen dieser hellen Flecke nichts reelles seien, denn sonst hätte er sich am Schlusse seiner Arbeit gewiss etwas bestimmter ausgesprochen und auch etwas mehr Gewicht auf eine Rotationsbestimmung gelegt. Er sagt nämlich:

»Je puis neantmoins dire (supposé que cette partie luisante de Venus que j'ay observée et parti entièrement cette année, ait toujours été la mesme) qu'en moin d'un jour elle acheve son mouvement, soit de revolution, soit de libration, de manière qu'en 23 jours à peu près, elle revient environ à la mesme heure à la mesme situation dans la planète de Venus: ce qui ne se fait pas neantmoins sans quelque irregularité. De dire maintenant supposé que ce soit toujours la mesme partie luisante, si ce mouvement se fait par une révolution entiere, ou seulement par une libration, c'est ce qui je n'oserois encore assurer, parceque je n'ay pas pû voir la continuité de ce mouvement dans une grande partie de l'arc; comme dans les autres planètes: Et par cette mesme raison cela sera toujours tres difficil à determiner.«

In den Jahren 1726—1727 versuchte Franciscus Bianchini die Rotationsdauer des Planeten Venus aus den Beobachtungen dunkler Flecke zu bestimmen, die er längs des Terminators wahrgenommen. Die Resultate seiner Untersuchungen hat er in dem bekannten Werke »Phosphori et Hesperi nova Phaenomena, Roma 1728« mitgeteilt. Schon der blosse Anblick der dem Werke beigefügten Zeichnungen lässt viele Bedenken bezüglich der Realität der von Bianchini gesehenen Flecke aufkommen und es hat auch Herr Schiaparelli nachgewiesen, dass sich diese Bedenken bei genauerer Prüfung der bianchinischen Beobachtungen nur vermehren.

Die von Bianchini in Rom und Albano gemachten Beobachtungen lassen sich kurz folgendermassen beschreiben: Längs des Terminators sind stets 2, 3 oder 4 dunkle Flecken von rundlicher unbestimmter Gestalt sichtbar, die in Bezug auf die Planetenscheibe symmetrische Verteilung zeigen.

---

[1]) Uebersetzt, Sirius Bd. XXIII pag. 129, 130: »Wenn Venus nicht sehr entfernt ist von ihrer grössten Elougation, also gegen die Epoche hin, wo ihre Scheibe halb erleuchtet erscheint, ist der Uebergang der hellen Teile in die Nachtseiten ein allmählicher. Aber diese Abnahme des Lichtes vollzieht sich nicht streng gemäss den photometrischen Gesetzen, sondern bisweilen bemerkt man ein Hervortreten von Helligkeit in gewissen Punkten oder von Dunkelheit in andern. Hieraus resultirt der Eindruck von unbestimmten Flecken und dunklen Konturen, die mit den hellen Regionen abwechseln. Diese Schatten sind nicht immer gleich wahrnehmbar, auch zeigen sie sich bei Tag und Nacht nicht in gleicher Art, auch wechseln sie im Aussehen mit der Kraft des Fernrohres.«

Solche Flecken will er auf der ganzen Oberfläche der Venus sieben unterschieden haben und er bringt dieselben auf einer Karte zur Darstellung. Bianchini hat eine tägliche Bewegung der Flecken von 15° konstatiert und leitet damit eine Rotationsdauer von 24 Tagen 8 Stunden ab, um eine Axe, welche höchstens 15° gegen die Ekliptik geneigt ist. Den aufsteigenden Knoten des Aequators findet er zu 50° Länge.

Wir werden später sehen, dass neuere Beobachter, die ganz ähnliche Flecke gesehen wie Bianchini, zu einem wesentlich anderen Wert für die Umdrehungszeit gelangt sind und es dürfte damit schon die Unhaltbarkeit der bianchinischen Beobachtungen auf's deutlichste hervorgehen.

Sehen wir nun weiter, wie Herr Schiaparelli[1]) sich die Entstehung der bianchinischen Flecken erklärt:

»Un altra origine di dubbi sta in questo, che le macchie figurate da Bianchini si presentano sempre nei suoi disegni come agglomerazioni rotondeggianti di ombre contigue al terminatore, dal quale esse non emergono; così che delle macchie principali, per le quali ei fa passare l' equatore del pianeta, nessuna è stata mai da lui veduta nel suo intero perimetro. Questa aderenza perenne delle macchie al terminatore fa nascere il sospetto, che esse abbiano con questo circolo più intima relazione, che con un asse rotatorio qualsiasi; tanto più che appunto in vicinanza del terminatore l'illuminazione solare essendo assai più debole, l'aspetto di ombreggiamenti irregolari può ivi nascere più facilmente, che altrove«.

Ob nun die hier in Frage kommenden Flecke rein physiologischer Natur sind oder wie schon die von Cassini zu erklären sind, darüber sagt Herr Schiaparelli nichts.

Nachdem Jakob Cassini[2]) und Maraldi im Jahre 1729 sich vergeblich bemüht hatten, auf Venus Flecken wahrzunehmen, versuchte J. Cassini, um doch zu einem Resultate zu gelangen, die Beobachtungen seines Vaters mit denen Bianchini's in Einklang zu bringen. Er machte dazu die Annahme, die von Bianchini beobachtete tägliche Bewegung von 15° sei der Ueberschuss über eine ganze Umdrehung und erhielt damit als Wert für die Umdrehungszeit $23^h\ 22^m$. Herr Schiaparelli hat nun gezeigt, dass ein solcher Wert nicht im entferntesten mit den Beobachtungen von Bianchini vereinbar ist. Er geht dabei von der Betrachtung aus, dass die beiden Rotationsperioden in einem Tage eine Differenz in der Lage desselben Fleckes von 4°93 ergeben und nach Ablauf einer bianchinischen Rotation von 24 Tagen eine Längendifferenz von 118° folgt.

So überzeugend nun auch schon dieser Beweis wirkt, so scheint doch ein anderes Argument noch von grösserer Bedeutung, indem damit jede weitere Diskussion über diesen Punkt abgeschnitten wird. Wir haben gesehen, dass bei Cassini die Länge des aufsteigenden Knoten bei 200° liegt, während Bianchini denselben zu 50° angibt; also fast 180° verschieden. Aus dieser verschiedenen Lage der Knoten folgt dann aber sofort, dass wenn sich nach der bianchinischen Hypothese die Flecken z. B. vom Südhorn zum Nordhorn bewegen, dieselben nach den Beobachtungen von D. Cassini nahezu in entgegengesetzter Richtung fortschreiten müssten, denn bei beiden Beobachtern steht ja der Venusäquator fast senkrecht auf der Ekliptik, geht also nahe durch die Hörner der Venussichel.

Beinahe ein halbes Jahrhundert vergeht nun seit dem Erscheinen der Untersuchungen von J. Cassini, welche damals den Abschluss der ersten Periode bildeten, als William Herschel[3]) im April 1777 seine Beobachtungen über Venus begann und dieselben bis 1793 fortsetzte. Trotzdem er seine besten zwanzigfüssigen Spiegeltelescope benutzte, waren seine Bemühungen nur von geringem Erfolge begleitet. Er hat allerdings dunkle Flecken wahrgenommen, doch waren dieselben immer

---

[1]) Uebersetzt, Sirius Bd. XXIII pag. 153, 154. Indessen gibt es noch eine andere Ursache, welche Zweifel aufkommen lässt. Bianchini stellt in seinen Zeichnungen die Flecke stets dar als Haufen von rundlichen Schatten, die an der Lichtgrenze haften, von der sie sich niemals ablösen. Er hat niemals den ganzen Umfang irgend eines Hauptfleckes, über welchen er den Aequator der Venus passieren lässt, wahrgenommen. Dieses ewige Kleben der Flecke an der Lichtgrenze lässt den Verdacht entstehen, dass dieselben enger mit dieser als mit irgend einer Rotationsaxe des Planeten verknüpft sind, umsomehr, als gerade in der Nähe der Lichtgrenze die Helligkeit der Scheibe schwächer ist und dort leichter als irgendwo anders der Eindruck unregelmässiger Schatten entstehen kann.

[2]) J. Cassini, Éléments d'Astronomie 1740.

[3]) W. Herschel, Observations on the Planet Venus Philosophical Transactions 1793, pag. 203.

so unbestimmter Natur, dass keine Bewegung daran hätte constatiert werden können. Herschel fügt seiner Abhandlung eine Zeichnung bei, welche 2 solche Flecke zeigt, die sehr an die Wahrnehmungen Bianchini's erinnern und ebenfalls zur Lichtgrenze ganz symmetrisch gelegen sind.

Er sagt über dieselben:

»For the spots assumed often the appearances of optical deceptions, such as might arise from prismatic affections, and was always very unwilling to log any stress upon the motion of spots, that either were extremely faint and changeable, or whose situation could not be precisely ascertained. However, that Venus has a motion on an axis cannot be doubted from these observations; and that she has an atmosphere is as evident, from the changes i look notice of, wich surely cannot be upon the solid body of the planet.«

Bezüglich der Rotation sind folgende Bemerkungen von Herschel noch von Bedeutung:

»Mai 30, 31 and June 1, 6. 1783. Spots were observed with 10 and 20 feet reflektors, and also motion perceived in them . . . etc.

April 9 1893 $8^h 45^m$. The light of Venus is brigther all arround the limb, than an that part wich divides the enlightened, from the unenlightened part of the disk etc.«

Den hier bemerkten hellen Rand hat Herschel in der Folge noch öfters erwähnt und er ist als der erste zu bezeichnen, der auf denselben aufmerksam gemacht hat. Herschel sagt weiter:

»With regard to the rotation of Venus an an axis, it appears we may be assured of this planet's having a diurnal motion, and though the real time of it is still subject to considerable doubts it can hardly be so slow as 24 days. Its directions, or rather the position of the axis of Venus, is involved in still greater uncertainty.«

Nach diesen Bemerkungen ist also Herschel nach seinen eigenen Wahrnehmungen Anhänger einer raschen Rotation; doch ist darauf wohl weniger Gewicht zu legen, indem er ja selbst die von ihm wahrgenommenen dunklen Flecke eher für optische Täuschungen halten will, und wir treffen hier zum ersten Male diese Ansicht, wenn auch noch immer recht unbestimmt, aber doch nach dem damaligen Stand der Dinge schon ganz deutlich ausgesprochen. Auch den Hinweis auf eine den Venusball umgebende sehr dichte Atmosphäre treffen wir bei Herschel zuerst und wird diese Bemerkung für die folgenden Betrachtungen noch von wesentlicher Bedeutung werden.

Wir gelangen nun zu dem Astronomen, der sich wohl am längsten und mit grosser Ausdauer mit den physischen Beobachtungen des Planeten Venus beschäftigte, dem Lielienthaler Astronomen Joh. Hieronymus Schröter. Er begann seine Beobachtungen im Jahre 1779 und setzte dieselben bis zu Anfang unseres Jahrhunderts 1801 fort. Die Resultate seiner Beobachtungen bis 1796 sind in dem bekannten Werke »Aphroditographische Fragmente zur genaueren Kenntnis des Planeten Venus, Helmstedt 1796« erschienen. Seine weiteren Wahrnehmungen sind in einem »Nachtrag zu den aphroditographischen Fragmenten zur genaueren Kenntnis des Planeten Venus, Göttingen 1811«, enthalten.

Herr Schiaparelli hat die Schröter'schen Beobachtungen einer eingehenden Prüfung unterzogen und er kommt zu folgenden Resultaten[1]):

1. Die von Schröter bemerkten Veränderungen im Aussehen der Venus nach 2 und 3 Stunden und die parallel laufenden Veränderungen während mehrerer aufeinanderfolgender Tage in Zwischenzeiten von einem Tage beweisen nichts zu gunsten einer Rotationsdauer von ungefähr 24 Stunden. Sie können in der That anderen Ursachen zugeschrieben werden, die in gleichen Perioden wirken etc.

2. Die Methode, nach welcher Schröter aus dem Anblick der Hörner der Phase auf eine Rotation von $23^h 21^m$ schloss, ist geometrisch nicht gerechtfertigt und stützt sich auf eine unwahrscheinliche Hypothese, auf diejenige nämlich, dass bloss in der Nähe der äusseren Hörnerspitzen Gebirgsketten von 30 km Höhe vorhanden seien.

3. Was die Interpretation Schröters seiner Beobachtungen eines nebeligen Streifens im Frühjahr 1788 anbelangt, so hat sie keinen Wert, da nach dem Geständniss von Schröter selbst jene nur

---

[1]) Sirius, Band XXIII, p. 201.

darauf beruht, dass andere Beobachtungen bereits eine nahezu 24stündige Rotationsdauer ergeben hatte, man muss eine besser begründete Erklärung der Eigentümlichkeit, welche dieser Streifen darbot, suchen.«

Man wird diese Schlussfolgerungen Schiaparelli's wohl als die einzig richtigen annehmen dürfen und auch seine Erklärung für die Ungleichheiten in dem Aussehen der beiden Hörnerspitzen, auf welche Beobachtungen Schröter gerade das grösste Gewicht legt, nur beistimmen können.

Herr Schiaparelli sagt hierüber:

»Ich bin zu dem Schlusse gekommen, dass die Verschiedenheit der Gestalt, welche er den beiden Hörnern zuschreibt, viel eher Verschiedenheiten ihrer Lichtintensität und besonders der unmittelbar an den Spitzen nebeneinander liegenden Teile zuzuschreiben sind.«

Ob nun diese Erscheinungen an den Hörnern nach der Erklärungsweise von Herrn Schiaparelli der Ausdruck wirklicher den Planeten betreffenden Thatsachen sind, darüber liesse sich wohl noch reden und es wird sich später noch Gelegenheit bieten, auf dieses eigentümliche Verhalten der Hörner näher einzugehen, weshalb ich mich hier mit dem Ausspruche von Herrn Schiaparelli begnügen möchte.

Uns interessieren nun hauptsächlich noch jene dunklen nebelartigen Gebilde, die Schröter im Jnnern der Planetenscheibe wahrgenommen hat. Schröter hat jenen Fleck zum ersten Male am 28. Februar 1788 um $6^h\ 46^m$ wahre Zeit bemerkt. Er sagt darüber: ». . . mit 95facher Vergrösserung einen äusserst matten und ebenso sehr nebelartig und unbegrenzten gräulichen Flecken, der parallel der Lichtgrenze in $^1/_3$ des erleuchteten Teiles von derselben verläuft. Wurde mit 210facher Vergrösserung nicht mehr gesehen.« Diesen dunkeln Parallelstreifen hat Schröter dann in der Folge noch öfters gesehen und seine Beschreibungen über das Aussehen desselben sind immer derart, dass man unwillkürlich auf den Gedanken kommen muss, es handle sich hier um eine blosse Täuschung. Er scheint auch selbst besonders im Anfang seiner Beobachtungsreihe grosses Misstrauen gegen das nebelartige Gebilde gehabt zu haben, denn er sagt ja selbst:

»So unbegrenzt und äusserst schwach auch alle bisher angezeigten Erscheinungen ins Gesicht fielen und so leicht sich daher zwischendurch einige Täuschung mit einmischen konnte, so scheint doch aus folgender Beobachtung zu erhellen, dass diese Schatten oder Nebelflecke wenigstens grösstenteils keine täuschende Blendung sein konnten.«

»Grösstenteils keine täuschende Blendung« sagt Schröter. Diese Ausdrucksweise ist nun offenbar in dem Falle recht schlecht angebracht, denn seine sämtlichen Wahrnehmungen beziehen sich auf ein immer gleich aussehendes Gebilde, einen dunklen Streifen parallel zur Lichtgrenze. Und es ist nun wohl ein recht gewagtes Unternehmen, diesen dunklen Streifen nicht immer ein und derselben Ursache zuzuschreiben oder sogar bei derselben Wahrnehmung verschiedene Gründe für dessen Entstehung anzunehmen. Entweder ist eben Schröter immer getäuscht worden oder er hat immer einen Fleck der Venuskugel gesehen. Er sucht nun zwar durch Hinzuziehung weiterer Beobachtungen zu zeigen, dass eine Täuschung ausgeschlossen sei, indem er noch weiter bemerkt, dass eine solche wohl bei jeder Beobachtung eintreten muss und er ja doch an mehreren Tagen gar keine solchen nebelartigen Gebilde hat wahrnehmen können. Wir werden aber später sehen, dass durchaus nicht notwendig ist, solche Täuschungen als immer auftretend zu betrachten, dass man sich leicht denken kann, wie solche Ursachen nur zu gewissen Zeiten vorhanden sind.

Eine weitere Bemerkung, welche die Wahrnehmungen als täuschender Natur nicht leugnen lässt, ist nun aber der Umstand, dass eine Abhängigkeit von dem Stande der Sonne ganz unverkennbar zu Tage tritt. Bei den Beobachtungen vom 9. März 1788 sagt Schröter selbst, dass er bei hellem Sonnenschein nichts wahrgenommen und erst nach Sonnenuntergang den dunklen Streifen gesehen habe. Stellt man nun die Tage, an denen er überhaupt jenen dunklen Streifen bemerkte, zusammen, so findet man, dass er denselben überhaupt nur nach Sonnenuntergang bemerkt hat.

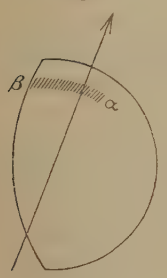
			Wahre Zeit	Zeitglch.	MZ Mittl. Zeit	☉ Sonnenunterg.	MZ — ☉
1793	Februar	18	$5^h\,50^m$	+ 14^m	$6^h\,4^m$	$5^h\,17^m$	+ $0^h\,47^m$
„	„	27	5 40	+ 13	5 53	5 34	+ 0 19
„	„	27	7 42	+ 13	7 55	5 34	+ 2 21
„	„	28	6 46	+ 13	6 59	5 36	+ 1 23
1788	März	3	6 15	+ 12	6 27	5 41	+ 0 46
„	„	5	6 19	+ 12	6 31	5 45	+ 0 46
„	„	9	6 45	+ 11	6 56	5 52	+ 1 4
„	„	15	7 15	+ 9	7 24	6 3	+ 1 21
„	„	16	7 55	+ 9	8 4	6 5	+ 1 59
„	April	11	7 58	+ 1	7 59	6 50	+ 1 9
„	Mai	8	8 0	— 4	7 56	7 36	+ 0 20

Trotzdem also Schröter seine Beobachtungen oft schon vor Sonnenuntergang begonnen hat, so konnte er doch immer erst nach Sonnenuntergang den dunklen Streifen wahrnehmen. Auch die von ihm nur einmal bemerkte Bewegung des Fleckes fällt hier nicht stark ins Gewicht, wenn man bedenkt, dass gerade diese Wahrnehmung vom 15. März 1788 unter sehr ungünstigen Verhältnissen gemacht wurde, denn Schröter sagt selbst, dass Venus nach der zweiten Beobachtung um 9 Uhr nur noch 9 bis 10 Grad über dem Horizonte stand und bald darauf undeutlich wurde.

Was endlich die von ihm abgeleiteten Rotationswerte betrifft, so fand er zuerst aus dem dunklen Streifen von 1788: 23 Stunden 28 Minuten. Unter Benutzung der Beobachtungen über die Ungleichheiten der Hörner fand er dann weiter: 23 Stunden 21 Minuten. Und als wahrscheinlichsten Wert findet er endlich: 23 Stunden 21 Minuten 7.977 Sekunden mittlerer Zeit.

Endlich mögen noch zwei Beobachtungen Schröters bemerkt werden, welche in dem Nachtrage zu den aphroditographischen Fragmenten enthalten sind.

Fig. 1.



Am 2. Juli 1801 beobachtete er in der Nähe des Südhornes einen dunklen Streifen nahe parallel zur äusseren Lichtgrenze, dieselbe Wahrnehmung machte er am folgenden Tage, aber diesmal schon früher, wie es seine Rotationszeit von $23^h\,21^m$ verlangte.

Am 29. August 1801 beobachtete er zum ersten Male in seinem Leben in der Nähe des Südhorns einen sehr matten Streifen $\alpha\beta$ (Fig. 1). Er sagt dazu: ». . . und sich unter ungefähr eben demselben Winkel gegen die Linie der Hörner von α südlich bis β an die Erleuchtungsgrenze erstreckte, unter welchem ich bis dahin die beobachteten Mercurstreifen gesehen hatte.« Wenn man die obige Zeichnung mit denjenigen in den hermographischen Fragmenten vergleicht, so erscheint gerade dieses Auftreten desselben Streifens bei beiden Planeten höchst auffallend. Das plausibelste scheint mir, diese dunklen Streifen als eine Kontrastwirkung des häufig hellen Randes zu betrachten, besonders wenn man bemerkt, dass der Fleck im ganzen die Richtung des äusseren Randes hat.

Fig. 2.

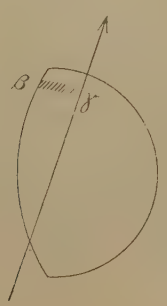


Fig. 3.

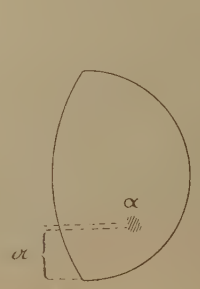
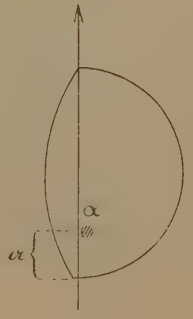


Fig. 4.



Schröter hat allerdings selbst eine Verkürzung des Streifens $\alpha\beta$ wahrgenommen, und um $7^h\,52^m$ war derselbe nur mehr halb so lang. Nur ist dabei sehr auffallend, dass in Fig. 2, welche die Stellung um $7^h\,52^m$ angibt, die Eintrittsstelle in die Erleuchtungsgrenze unverändert geblieben ist, was nur stattfinden kann, wenn die Rotationsaxe ungefähr die Richtung des Pfeiles hatte.

Am 1. September konnte Schröter von dem Streifen nichts mehr wahrnehmen. Um $4^h\,55^m$ beobachtete er dagegen auf der Nordhalbkugel einen rundlichen dunkeln Fleck α (Fig. 3). Um $6^h\,0^m$ war derselbe gegen die Lichtgrenze fortgerückt. Nun ist sehr auffällig, dass dieser Fleck sich ganz senkrecht zur Lichtgrenze bewegt, sich also um eine Axe gedreht hat, welche nahe durch die Hörner geht und damit nicht mit der Beobachtung vom 29. August zu vereinigen ist, an welchem Tage eine Rotation um eine schief gelegene Axe beobachtet wurde. Schröter will allerdings aus dem Fortrücken des Streifens $\alpha\beta$ (Fig. 1, 2) auf die Lage der Rotationsaxe schliessen und findet: »dass die Schiefe der Ekliptik der Venus der des Mercur ungefähr gleich sein dürfte.« Die Bewegung des dunklen Flecks α (Fig. 3, 4) wird aber dabei gar nicht weiter bemerkt.

Im April des Jahres 1801 glaubte Pastor Fritsch[1]) in Quedlinburg aus regelmässig auftretenden Ungleichheiten des Randes der Venus die kurze Rotation erwiesen zu haben, er fand als Mittelwert aus drei Vergleichungen: 23 Stunden 22 Minuten.

Am 7. und 13. Juli 1796 hatte Flaugergues[2]) einen grossen hellen Fleck auf Venus beobachtet und fand daraus für die Rotationselemente:

Umdrehungszeit 24 Tage,
Länge des aufsteigenden Knotens 50°,
Neigung des Aequators gegen die Eklipik 73° 32′,

also eine gute Uebereinstimmung mit Bianchini. Am 13. Juli betrug nun aber, wie Herr Schiaparelli bemerkt hat, die Breite der Venussichel nur 0.15 ihres Durchmessers und es ist schon daraus wohl genügend ersichtlich, welch geringes Zutrauen diese Wahrnehmungen verdienen.

Fr. v. P. Gruithuisen hat Venus von 1813 bis 1847 sehr oft beobachtet. Die Resultate seiner Wahrnehmungen sind in dem von ihm herausgegebenen »Astronomischen Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher« enthalten. Er ist der erste, welcher auf die Polarflecke der Venus aufmerksam macht, die er für wirkliche Objekte der Planetenoberfläche ansieht. Unter Polarflecken sind hier und im folgenden immer jene hellen Partien zu verstehen, welche man in der Nähe der Hörner bei grösserem Phasenwinkel sehr oft mehr oder weniger deutlich beobachtet und die gerade von den neueren Beobachtern fast immer gesehen werden. Gruithuisen war allerdings anfangs selbst sehr zweifelhaft, ob jene Polarflecke nicht blosse Täuschungen seien, und er bemerkt selbst, ob sie nicht bloss als Fortsetzungen jenes hellen Randlichtes, das man bei Venus fast immer bemerkt, zu betrachten seien. Weitere Beobachtungen über diesen Gegenstand besonders bei tiefem Stande der Venus, bei welcher Gelegenheit die Polarflecke immer besonders hell hervortraten, glaubten ihn jedoch zu der Annahme zu berechtigen, dass dieselben doch reell seien, und er ging sogar zuletzt so weit, aus der Ab- und Zunahme derselben auf die Jahreszeiten auf Venus zu schliessen. Er hat die Polarflecke mit verschiedenen Instrumenten gesehen, jedoch am besten mit dem kleinsten Fernrohr von nur $1^1/_2$ Z.-Oeffnung, welcher Umstand für die Erklärung derselben durch die Beugung des Lichtes und die Lichtverteilung in der Nähe der Hörner von Bedeutung sein dürfte.

Ausser den Polarflecken hat Gruithuisen auch solche dunkle Streifen bemerkt, wie wir solchen schon bei Schröter begegnet sind. Er sagt über dieselben:

»Hiebei zeigten sich, wenngleich nur selten, die von Schröter aus eigenen Beobachtungen als atmosphärische Decken erklärten Streifen, die über des Planeten grössten mittleren Teil oft mit den Meridianen nahe parallel herabgingen und sich mit meinen vortrefflichen Fraunhofer'schen Fernröhren viel deutlicher und vollkommener zeigten, als dieses die Teleskope vermochten.«

---

[1]) Bodes Jahrbuch 1804, p. 214.
[2]) A. N. Nr. 278.

Ueber die Häufigkeit der Streifen sagt er:

»Da ich so wenig auf sie achtete, dass ich sie nur mitzeichnete, wenn ich sonst das Venusbild merkwürdig fand, so kann ich ihrer nicht so viele anführen, als ich gesehen habe.«

Es mag endlich noch bemerkt werden, dass Gruithuisen aus der Lage der Polarflecke die Schiefe der Ekliptik für Venus auf 15 Grad schätzte, bezüglich der Rotation ist er dagegen zu gar keinem Resultate gelangt.

Im Jahre 1833 suchte Hussey durch eine rein polemische Schrift die Rotationsdauer Bianchini's zu widerlegen, welche Arbeit wir jedoch hier, da sie gar nichts Neues enthält, wohl übergehen können.

So befand sich Mitte der dreissiger Jahre unseres Jahrhunderts die Frage nach der Venusrotation wieder genau in demselben Stadium, wie 100 Jahre zuvor. Es hatten zwar die Untersuchungen von Schröter, welche den Cassini'schen Wert zu bestätigen schienen, wohl viele Anhänger gefunden, andererseits suchten aber Flaugergues durch seine Beobachtungen, Hussey durch seine Polemik die Bianchini'schen Resultate als die richtigen hinzustellen. Es war unter solchen Umständen nicht zu verwundern, wenn die Frage von berufener Seite von neuem angeregt wurde. Auf die Veranlassung von Olbers hin forderte Schumacher 1834 die italienischen Astronomen auf, unter ihren günstigen klimatischen Verhältnissen die Frage nach der Venusrotation von neuem durch Beobachtungen zu prüfen. Dieser Einladung entsprachen die Astronomen der vatikanischen Sternwarte unter der Direktion von De Vico im Jahre 1839, und sie glaubten auch sämtliche Flecke, die Bianchini hundert Jahre früher gesehen hatte, wieder zu erkennen. Die Resultate ihrer Beobachtung sind in den »Memorie intorno a parecchie osservazioni fatte nella specola dell' Università gregoriana in Collegio romano dagli astronomi della Compagnia di Gesù«[1]) enthalten.

Herr Schiaparelli[2]) gelangt nach eingehender Prüfung der Untersuchungen von De Vico zu folgenden Resultaten:

»1. Die Rotationsdauer, welche De Vico ableitete, ist das Ergebnis einer Petitio principii. Da die Schröter'sche Rotation zu grunde gelegt wurde, so kam die gleiche Rotation mit einer unwesentlichen Aenderung auch wieder zum Vorschein. 2. Die Position der Venusaxe, wie sie von De Vico bestimmt wurde, steht nur mit einem Teil der Beobachtungen im Collegium Romanum in Uebereinstimmung und entspricht nicht den Beobachtungen Bianchini's. 3. Die Karte Bianchini's steht im Widerspruch mit der Rotation von $23^h\ 21^m$ und es ist irrig, wenn die römischen Astronomen dieselbe 1839—42 als genau verifiziert zu haben meinten.«

Dass De Vico den Wert von Schröter als erste Näherung benutzt hat, ist wohl ganz zweifellos, denn er sagt an der Stelle, an der er über die Schwierigkeit der Identifizierung der Flecke und deren Aussehen spricht: »In tutte (macchie) si scorge un colore uniforme, un contorno sfumeggiato e quasi dirsi evanescente, una terminazione indecisa e una somiglianza si grande fra loro, che rade volte nè si presenta una nota tanto propria d'alcuna, che l'occhio di per sè solo, senza l'ajuto del tempo già presso conoscinto, valga a distinguerla da tutte le altre.«[3]) In dem Werte für die Umdrehungszeit stimmt also De Vico mit Schröter überein, nicht aber in den anderen Rotationselementen der Lage des Knotens und der Ekliptikschiefe. Denn während bei Schröter die Neigung des Aequators gegen die Ekliptik im Maximum 15 Grad sein dürfte, so findet Herr Schiaparelli aus Beobachtungen De Vico's vom Jahre 1839, dass diese Neigung sehr nahe 90° sein dürfte, in keinem Falle aber unter 75°. De Vico bestimmte dieselbe im nächsten Jahre

---

[1]) Von den drei Heften der Veröffentlichungen, welche diesbezügliche Aufsätze enthalten sollen, stand mir nur dasjenige von 1839 zur Verfügung, welches mir Herr Prof. P. Tacchini gütigst zur Einsicht überlassen hatte.

[2]) Sirius, Band XXIII, pag. 224.

[3]) Sirius, Band XXIII, pag. 221. Uebers. v. Schiaparelli: Stets bemerkten wir eine gleichmässige Färbung, eine kaum merkliche, einem Hauche ähnliche Kontur, eine unbestimmte Begrenzung und eine so grosse Aehnlichkeit der Flecke untereinander, dass selten einer derselben ein charakteristisches Zeichen erkennen liess, um ihn von allen anderen zu unterscheiden auf den blossen Anblick hin ohne Zuhilfenahme der ungefähr bekannten Zeit (seines Wiedererscheinens infolge der Rotation).

dann noch selbst durch Beobachtung der grössten Oeffnung der Bahnellipsen der dunklen Flecke und fand auf diese Art 53° 11' 26", also wesentlich abweichend von dem Werte, der aus den Beobachtungen vom Jahre 1839 folgte. Es möge endlich noch bemerkt werden, dass für die Länge des aufsteigenden Knoten, aus Beobachtungen von 1839, 38° folgt, während De Vico fand, dass sich am 26. Oktober 1840 die Flecke geradlinig bewegten, und daraus für dieselbe Grösse 57° 19' 18" ableitete.

Um nun wieder auf obige Differenz in der Ekliptikschiefe von Schröter und De Vico zurückzukommen, so ist es wohl sehr befremdend, wenn De Vico sagt: »Le osservazioni di Schröter confermano i nostri risultamenti.«[1]) Denn erstens bilden die beiden Rotationsaxen mindestens einen Winkel von 50—60° und zweitens ist der Wert der Umdrehungszeit, wie ihn De Vico angibt, nur eine Folge desjenigen von Schröter, den er ja als annähernd richtig schon bei den Beobachtungen zur Identifizierung seiner Flecke benutzt hat.

Wir haben also hier am Ende der zweiten Periode einen ganz ähnlichen Widerspruch in den Resultaten wie 100 Jahre früher. Dort hatten wir gesehen, dass sich die Flecke von Bianchini fast in entgegengesetzter Richtung zu denjenigen von D. Cassini bewegten, hier bemerken wir die Flecke von Schröter nahe parallel zur Ekliptik fortrücken, während die Gebilde von De Vico Bewegungsrichtungen zeigen können, die gegen die Schröter'schen mindestens um 60° abweichen.

De Vico hat seine sämtlichen Beobachtungen mit einem Cauchoix-Refraktor von 2.4 Meter Brennweite und 17 Centimeter Oeffnung angestellt. Bei Beginn der Untersuchungen wurden vor allem Versuche darüber angestellt, unter welchen Umständen die dunklen Flecke am besten sichtbar seien; so wurde unter anderem das Objektiv mehr oder weniger abgeblendet, das Fernrohr vor dem Objektiv durch einen Rohraufsatz verlängert, um das diffuse Tageslicht mehr abzuhalten. Als ganz besonders vorteilhaft zeigte sich dabei die Abblendung des Objektives auf etwas weniger als die Hälfte. De Vico sagt darüber: »Il risultato che da molti di loro (Versuche) s'ottenne fu non ha dubbio assai vantaggioso, allora singolarmente che riducevasi l'apertura dell'obbiettivo ad essere un po'minore della sua metà.«[2]) Dieser Umstand scheint sehr wichtig zu sein für die richtige Beurteilung der Beobachtungen von De Vico, denn man darf offenbar annehmen, dass der grösste Teil, wenn nicht alle römischen Wahrnehmungen mit dieser reduzierten Oeffnung angestellt sind. Mit einer Oeffnung von etwa 8 cm, sind also diese Beobachtungen ausser denjenigen von Gruithuisen und Löschhardt wohl mit der kleinsten Oeffnung angestellt, was von Bedeutung, besonders wenn man den Einfluss der Beugung mitberücksichtigen wollte.

Die Abblendung des Objektives fand De Vico wohl schon aus dem Grunde notwendig, weil er hauptsächlich Tagesbeobachtungen anstellte. Schon Schröter hatte zwar gelegentlich Venus bei Tage beobachtet, doch ist es wohl als das Verdienst De Vico's zu betrachten, diese Art der Beobachtung eingeführt und in so consequenter Weise durchgeführt zu haben. Zwar erschienen De Vico die Flecke in der Dämmerung deutlicher sichtbar als bei hellem Tage. Er bemerkt nämlich: »Ciò era che standa il sole sull'orizzonte le macchie non comparivano più di quell colore sì carico e fosco, che al contrasto di più viva luce sul far della notte offerivano.«[3]) Obschon also die Flecke bei Nacht deutlicher zu erkennen waren als bei Tage, so hat sich De Vico doch hauptsächlich auf Tagesbeobachtungen beschränkt, denn er machte die Wahrnehmung, dass bei Tage stets eine Bewegung der Flecke konstatiert werden konnte, während in der Dämmerung und bei Nacht auch bei fortgesetzter Messung mit dem von ihm als ausgezeichnet bezeichneten Mikrometer kein Fortrücken der Flecke zu bemerken war. Er äussert sich über diesen Punkt folgendermassen:

»Perrocchè ci accadde la sera parecchie volte di prendere la distanza di una macchia dal lembo con un egregio micrometro, che qui appresso descriveremo; e ripetendo l'osservazione di sette in sette minuti circa per lo spazio di un'ora, nondimeno alla fine d'essa eravamo tuttavia incerti sul

---

[1]) Uebersetzt: Die Beobachtungen von Schröter bestätigen unsere Resultate.

[2]) Uebersetzt: Das Resultat, welches viele von ihnen (Versuche) ergab, war zweifellos ziemlich vorteilhaft, besonders wenn man die Objektivöffnung um etwas mehr als ihre Hälfte reduzierte.

[3]) Uebersetzt: Es ergab sich, dass, wenn die Sonne über dem Horizonte stand, die Flecke nicht in jener tiefen und dunklen Färbung erschienen, welche sie beim Kontraste des viel lebhafteren Lichtes in der Dämmerung zeigten.

progressivo avanzare di quella; mentre all' opposto in tante migliaja di volte, che osservammo Venere di giorno, giammai non si è dato il caso di una tale incertezza, se non farse dentro lo spazio d' una mezz' ora quando il pianeta mostravasi vaporoso, o mal fermo e tremolante.« [1])

Ja De Vico geht sogar so weit, in diesem Umstande die Erklärung dafür zu sehen, weshalb Bianchini, der bekanntlich nur bei Nacht beobachtete, keine rasche Rotation bemerkt hat. Er will damit die Beobachtungen Bianchini's mit den seinigen in Einklang bringen. Beide Beobachter haben ja dieselbe Art von Flecken gesehen und es ist daher ein solcher Versuch sehr naheliegend, aber es kann ein solcher hier wohl kaum von Erfolg begleitet sein, wenn man diese an sich höchst auffallende Wahrnehmung dazu benützt; denn es ist schwer einzusehen, dass die Bewegung der Flecke, die man bei Tage so leicht bemerkt und gemessen hat, nachts ganz verschwinden sollte.

Was endlich das Aussehen der Flecke anbetrifft, so ist deren grosse Aehnlichkeit mit denen von Bianchini ganz verblüffend und man wird beim Anblick einer solchen Zeichnung wohl im Zweifel sein, ob man eine Figur von De Vico oder Bianchini vor sich hat. Auch De Vico zeichnet in der Regel drei dunkle Flecken, die längs der Lichtgrenze ganz gleichmässig verteilt sind.

Von den 11800 Messungen, welche C. Palomba noch im Jahre 1839 von solchen dunkeln Flecken erhalten hatte, benutzte De Vico 10000 zur Ableitung eines vorläufigen Wertes für die Umdrehungszeit. Bezüglich der Methode, welche er bei seiner Ableitung benutzte, erwähnt De Vico bloss, dass er je zwei Messungen desselben Fleckes miteinander verglich und damit einen Rotationswert erhielt. Die Einzelresultate wurden dann weiter in Gruppen vereinigt und er erhielt damit die folgenden Werte:

Anzahl d. Beob.	Mittelwerte	Anzahl d. Beob.	Mittelwerte
700	$23^h\ 44^m\ 26^s$	864	$23^h\ 11^m\ 7^s$
350	50 21	426	14 52
462	41 37	322	12 47
520	50 1	722	15 32
378	43 40	212	13 14
452	35 7	616	19 10
800	34 5	414	13 13
314	35 42	412	12 51
800	28 40	268	15 43
224	30 30	744	19 18
5000		5000	

Wie man sieht, stimmen hier die Werte jeder Gruppe unter sich schon sehr schlecht in Anbetracht der grossen Anzahl von Einzelwerten, aus denen sie abgeleitet sind; noch grösser ist aber die Abweichung der beiden Gruppen von einander. Die erste gibt als Mittelwert $23^h\ 40^m$, die zweite $23^h\ 15^m$; und es ist ganz unbegreiflich, wie sich De Vico mit einer solchen Reduktion begnügen konnte, ohne auf die Ursachen dieser Missstimmung näher einzugehen. Denn wenn er auch bemerkt, dass wegen der Unbestimmtheit, mit der die Flecken stets gesehen wurden, die Resultate sich sehr unsicher gestalten müssen, so ist damit die grosse Verschiedenheit der beiden Gruppenwerte noch durchaus nicht erklärt. Noch wunderbarer ist endlich, wie er zu dem wahrscheinlichsten Werte

$23^h\ 20^m\ 15^s$ (mittlere Zeit)

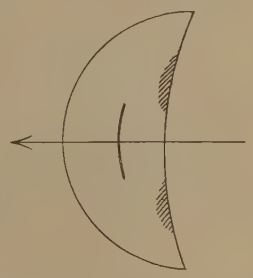
gelangt, der sich aus den obigen zwanzig Mittelwerten ergeben soll; wie er diese Zahl erhalten, darüber macht De Vico gar keine weiteren Mitteilungen.

Ausser den Bianchinischen Flecken, wie wir die dunklen Flecke längs des Terminators kurz nennen wollen, hat De Vico an mehreren Abenden auch noch jenen dunklen Meridianstreifen gesehen, dem wir schon öfters begegnet sind. Er benutzte denselben zur Bestimmung der Solstitialpunkte, indem

[1]) Uebersetzt: Denn es kam am Abend mehrmals vor, dass beim Messen des Abstandes eines Fleckes vom Rande mit einem ausgezeichneten Mikrometer, das wir nachher beschreiben werden, obschon die Beobachtung von sieben zu sieben Minuten ungefähr eine Stunde lang fortgesetzt wurde, wir am Ende der Beobachtung über das Fortrücken des Fleckes vollständig in Zweifel waren; während in Tausenden von Fällen, da wir Venus bei Tage beobachteten, sich nie eine solche Unsicherheit zeigte, ausgenommen, wenn das Bild während der Beobachtung schon nach einer halben Stunde unruhig und verwaschen wurde.

er den Zeitpunkt abwarten wollte, in dem sich derselbe geradlinig bewegte, und es ergab sich hiefür der 17. Dezember 1839. An diesem Tage war nach Fig. 5 (bei De Vico Fig. 35) jener dunkle Längsstreifen sichtbar, und die Messungen seiner Distanz in der Aequatorrichtung vom äusseren Rand ergaben für dieselbe in Teilen der Schraube:

Fig. 5.



	Distanz	Sternzeit
16.—17. Dezember	21	$14^h\ 15^m\ 5^s$
	20.5	15 24 0
	21	16 30 2
	21	17 27 31

Die Konstanz des Streifens bezüglich seiner Lage ist also sehr bemerkenswert und wohl nicht anders zu erwarten, wenn man bedenkt, dass es sich hier um ein physiologisch-optisches Phänomen handelt.

Hält man alle von De Vico erhaltenen Resultate zusammen, so erscheint es auf den ersten Blick ganz unbegreiflich, wie man sich damals damit zufrieden geben und den Rotationswert De Vico's oder besser gesagt denjenigen J. Cassini's als glaubwürdig hinnehmen konnte. Denn nach dem Bekanntwerden der römischen Beobachtungen finden wir keine weiteren von wesentlicher Bedeutung bis zu Anfang der siebziger Jahre. Mit De Vico kam also die Frage zu einem ganz ähnlichen Abschluss wie ein Jahrhundert zuvor durch J. Cassini. Dieser scheinbare Erfolg, den De Vico mit seinen Venusbeobachtungen hatte, ist jedoch ganz erklärlich, wenn man bedenkt, dass die Arbeit in den Memorie sehr wenig bekannt wurde und man De Vico schon auf seine Notizen in den »Astronomischen Nachrichten« hin das volle Vertrauen schenkte, und es mögen dabei der Name De Vico selbst und die günstige Lage des Beobachtungsortes viel dazu beigetragen haben, alle Zweifel an der Richtigkeit der De Vico'schen Resultate zu zerstreuen.

Den Anfang der dritten Periode in der Geschichte der Venusrotation können wir etwa auf 1871 verlegen, in welchem Jahre Herr H. C. Vogel in Bothkamp[1]) die erste längere Beobachtungsreihe nach der 30jährigen Unterbrechung anstellte. Herr Vogel hat, wie aus den Zeichnungen zu ersehen ist, im wesentlichen hellere Flecke bemerkt, welche längs des Randes der Planetenscheibe gewöhnlich auch in symmetrischer Verteilung zur Figur der Scheibe angeordnet sind. Es gilt dies ganz besonders von den hellen rundlichen Flecken, welche an der Lichtgrenze kleben. So lassen z. B. die Figuren 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10 in Bezug auf symmetrische Anordnung der hellen Flecke wohl gar nichts zu wünschen übrig und auch bei den übrigen Figuren ist ein solches Verhalten in Bezug auf die wesentlichen Flecken ganz unverkennbar vorhanden und es drängt sich deshalb schon hier und in noch viel grösserem Masse bei später zu besprechenden Beobachtungen von Anderen der Gedanke auf, ob diese Wahrnehmungen vielleicht nicht viel mehr mit unserem Auge, unserem Beobachtungsvermögen überhaupt und den Verhältnissen, in denen wir unsere Beobachtungen anstellen, als mit der Oberflächenbeschaffenheit des Planeten selbst zusammenhängen. Herr Vogel scheint auch selbst gefühlt zu haben, dass er zum Teil getäuscht sei; denn er sagt bei der Beobachtung vom 24. Mai 1871: »Ausser den früher öfters beobachteten hellen Stellen an der Beleuchtungsgrenze und den dort befindlichen, vielleicht durch Kontrast dunkler erscheinender Partien zwischen diesen lichten Stellen etc.« Es muss nun offenbar auffallen, wenn Herr Schiaparelli diese Beobachtungen des Herrn Vogel über das gleiche Aussehen der Venus im Mai und Juni 1871 als Beweis für seine 224tägige Rotation anführt, während doch Herr Vogel selbst zugibt, dass diese Erscheinungen, welche dieses gleiche Aussehen verursachten, wohl nur auf Täuschungen beruhen.

Herr Vogel hat auch wohl zuerst über die atmosphärischen Verhältnisse besonders auf spectralanalytischem Wege Untersuchungen angestellt und gelangt dabei zu dem Resultate: »dass der Planet von einer Atmosphäre umgeben ist, in der eine sehr dichte und dicke Schicht von

[1]) Beobachtungen, angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp. Heft II, Beobachtungen der Planeten Jupiter, Venus und Mercur. Leipzig 1872.

Kondensationsprodukten schwebt und dass die Aufhellungen in dieser Schicht nie so weit gehen, dass sie deutlich markierte Flecken auf der Venusscheibe bedingen, oder einen Durchblick auf die Oberfläche des Planeten gestatten. Unter diesen Verhältnissen scheint es unmöglich, aus den Flecken, die man auf der Oberfläche der Venus bemerkt, Schlüsse über die Rotationszeit oder die Lage der Rotationsaxe zu ziehen.«

Bemerkenswert ist nun, dass trotz dieses negativen Resultates, zu dem, wie wir gesehen haben, schon der erste Venusbeobachter D. Cassini gelangt ist und das eben die Unmöglichkeit der Rotationsbestimmung aus Fleckenbeobachtungen ausspricht, sich nun gerade in der Folgezeit immer mehr Beobachter diesem undankbaren Gegenstande zuwandten.

Im Jahre 1884 haben gleichzeitig Herr L. de Ball in Liège[1]) und Herr A. S. Williams in West-Brighton Venusbeobachtungen angestellt.

Herr de Ball hat mit einem Refraktor von 25 cm Oeffnung nur jenen dunklen Meridianstreifen sehr breit und verwaschen gesehen und es ist auch hier zu bemerken, dass er denselben in den späteren Abendstunden jedesmal besonders deutlich bemerkt hat, wie am 17. Mai um $8^h\ 30^m$ und am 22. Mai $9^h\ 10^m$. An beiden Abenden sagte er: »L'ombre est distincte«; dagegen hat er vor Sonnenuntergang den dunklen Streifen gar nicht oder nur angedeutet bemerkt. Herr de Ball scheint auch selbst das Gefühl gehabt zu haben, dass er getäuscht sei, denn er sagt am Schlusse: »Bien que je ne pense pas que les changements cidessus indiqués reposent uniquement sur une illusion, j'ai remarqué d'autres fois, que pendant plusieurs heures il n'y avait aucun changement dans la position de cette ombre et alors je n'ai plus continué les observations.«

Herr A. S. Williams[2]) beobachtete mit einem $5^1/_2$ zoll. Silberglasreflektor. Auf seinen sämtlichen Zeichnungen ist der helle Rand nach Innen sehr scharf abgegrenzt, und an beiden Polen erweitert sich derselbe in der Regel zu einer Polarcalotte. An vier Tagen, an denen zwei oder drei Zeichnungen angefertigt wurden, zeigte ein heller Fleck im Innern der Scheibe eine deutliche Bewegung im Sinne einer kurzen Rotation. Herr Williams benutzte 150fache Vergrösserung, einige Male auch 275fache. Er hat seine sämtlichen Beobachtungen in den späteren Abendstunden, niemals vor 6 Uhr abends, angestellt.

Die beiden Beobachtungsreihen von den Herren L. de Ball und A. S. Williams stimmen also insofern überein, als beide den hellen Aussenrand sehen, auf welchen nach innen ein dunkler Streifen folgt. In der Nähe der innern Lichtgrenze bemerken beide Beobachter in der Regel eine hellere Partie. Soweit Kontrastwirkungen in Frage kommen, stimmen also die Beobachtungen überein.

Wir gelangen nun zu derjenigen Arbeit über diesen Gegenstand, welche wohl die Veranlassung zu den meisten Untersuchungen über Venus, die in den letzten Jahren gemacht wurden, gewesen ist, zu der schönen Arbeit von Herrn Prof. G. V. Schiaparelli[3]). Herr Schiaparelli hat in dem ersten, historisch-kritischen Teil seiner Abhandung, nachgewiesen, dass alle älteren Bestimmungen der Rotationszeit des Planeten Venus zu grossen Bedenken Veranlassung geben und ich habe deshalb im vorhergehenden an den betreffenden Stellen die Resultate des Mailänder Astronomen immer gleich mit berücksichtigt, was umsomehr gestattet sein wird, als die Arbeit von Herrn Schiaparelli wohl mehr wie irgend eine andere mit jedem Teile der Geschichte der Venusrotation aufs engste verknüpft ist. Der zweite Teil der Arbeit ist von verschiedenen Seiten, so von Herrn F. Löschhardt[4]) und Herrn Prof. W. F. Wislicems[5]) einer eingehenden Kritik unterworfen worden. Beide Herren kommen dabei zu dem Resultate, dass die von Herrn Schiaparelli aufgestellte Hypothese, Venus rotiere, während eines siderischen Umlaufes (224.7 Tage) nur einmal um ihre Axe durchaus nicht als ein einwurfsfreies Beobachtungsresultat hinzunehmen sei.

---

[1]) Observations des surfaces de Jupiter et de Venus faites en 1884 et 1885 par L. de Ball. Bruxelles 1886.

[2]) Herr L. Brenner in Lussinpiccolo hatte die Freundlichkeit, mir die Originale von Williams zur Einsicht zuzusenden,

[3]) G. V. Schiaparelli, Considerazione sul moto rotatorio del Pianeta Venere. Rendiconti del R. Istituto Lombardo. Série II Vol XXIII, fasc. IV, V, VI, IX, X. Milano 1890.

[4]) F. Löschhardt, Die neuesten Hypothesen über die Rotation des Planeten Venus. Wiener Sitzungsberichte, mathem.-naturw. Klasse; Bd. C, Abt. IIa. Wien 1891.

[5]) Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft, 27. Jahrgang, viertes Heft.

Zu dem hier vorliegenden Zwecke genügt es, die Wahrnehmungen von Herrn Schiaparelli kurz zu beschreiben. Wenn wir von den beiden hellen Flecken (k h) in der Nähe des Südhornes absehen, so erstrecken sich dieselben nach den drei von Herrn Schiaparelli mitgeteilten Zeichnungen auf den hellen Aussenrand, der nach innen durch einen dunklen Längsstreifen gut abgegrenzt ist. Längs der Erleuchtungsgrenze sind im Innern einige hellere Flecke (am 10. Dez. 1877 zwei, am 15. Dez. vier) symmetrisch zur Gestalt der Phase angeordnet.

Auch bezüglich der Beobachtungen der Herren Perrotin[1]), Terby[2]), Niesten[3]) und Trouvelot[4]) kann ich mich hier darauf beschränken, die von ihnen gemachten Wahrnehmungen kurz anzugeben, da eine Besprechung aller vier Arbeiten Herr Prof. W. F. Wislicenus an der oben schon bemerkten Stelle gegeben hat. Es ist vor allem bemerkenswert, dass alle vier Abhandlungen nach dem Bekanntwerden der Hypothese von Herrn Schiaparelli erschienen sind, und dieselben eröffnen eben den so unfruchtbaren Streit über die Venusrotation, der auch heute noch nicht beigelegt ist.

Die Herren Perrotin und Terby treten zu Gunsten der langsamen Rotation ein.

Herr Perrotin zieht seine Schlüsse aus den Beobachtungen jenes dunklen Meridianstreifens, dem wir schon so oft begegnet sind und der auch auf den Nizzaer Zeichnungen ganz symmetrisch zur Figur der Planetenscheibe angeordnet ist. Dabei hat Herr Perrotin allerdings ein Voraneilen des Streifens gegen den Terminator von 15° bis 18° in einem Zeitraume von $4^1/_2$ Monaten wahrgenommen; daraus würde eine Rotation folgen, die zwischen 195 und 225 Tagen liegt. Doch gibt der Beobachter selbst zu, dass diese Abweichung nicht viel grösser als die möglichen Fehler in der gezeichneten und geschätzten Position des Bandes, wenn letzteres weit von dem durch die Mitte der Planetenscheibe gehenden Meridian entfernt ist.

Die Wahrnehmungen von Herrn Terby lassen sich ebenfalls mit wenig Worten ganz beschreiben. Von den 50 mitgeteilten Zeichnungen zeigen 46 den hellen Aussenrand nach innen sehr deutlich durch eine dunkle Linie abgegrenzt. Während die ersten Zeichnungen bei sehr kleinem Phasenwinkel angestellt sind und ausser dem hellen Rande mit seiner nach innen bald mehr bald weniger breit gezeichneten dunklen Begrenzung nichts zeigen, beginnt nun, nachdem der Phasenwinkel auf 80° gestiegen ist (Fig. 21), jener dunkle Schatten parallel zum Terminator verlaufend sichtbar zu werden, und es ist dieser dunkle Schatten, der Herrn Terby mit demjenigen von Herrn Perrotin vergleichend, zu der Annahme einer 224tägigen Rotation führt.

Ganz wunderbar ist nun, wie Herr Niesten aus seinen Beobachtungen mit den Rotationselementen von De Vico zu einer vollständigen Karte der Venusoberfläche gelangt, nachdem doch Herr Schiaparelli gezeigt hat, dass diese Elemente für die Rotation entschieden zu verwerfen sind. Es ist nun hier wohl nicht der Ort, über diese Rotationselemente von De Vico nochmals zu streiten, und es genügt darauf hinzuweisen, dass Herr Niesten eben nicht anders gesehen hat als andere Beobachter auch, nämlich in der Hauptsache einen dunklen Streifen in der Richtung der beiden Pole (Hörner). Obschon bei Herrn Niesten die Rotationsaxe in den verschiedenen Zeichnungen auch eine ganz verschiedene Lage zum Terminator hat, so passen sich doch die gezeichneten Flecke immer sehr gut der Figur der Phase an und zeigen in Bezug auf dieselbe eine wesentlich symmetrische Anordnung.

Wir gelangen nun zu der Arbeit von Herrn Trouvelot, die wohl in mehr als einer Hinsicht mit den Untersuchungen des Lielienthaler Astronomen in Parallele gestellt werden könnte. Schon in Bezug auf ihre Wahrnehmungen stimmen beide Beobachter vielfach überein, denn auch Herr Trouvelot hat ausser einem matten dunklen Fleck in der Mitte der Venussichel hauptsächlich an den

---

[1]) J. Perrotin, Observations de la planète Vénus à l'observatoire de Nice. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, tome 111, Paris 1890.

[2]) F. Terby, Faits demonstrants la permanence des taches sombres de Vénus et la lenteur de leur mouvement de rotation. Bulletins de l'académie royale de Belgique, 3e Série tome 20, Bruxelles 1890.

[3]) L. Niesten, A propos de la rotation de la planète Vénus. Bulletins de l'académie royale de Belgique. 3 Série tome 21, Bruxelles 1891.

[4]) E. L. Trouvelot, Observations sur la planète Vénus. Société astronomique de France, Séance du 3 février 1892, Paris 1892.

Polen Unregelmässigkeiten bemerkt. Ausser dem hellen Aussenrand, der nach innen stets sehr scharf abgegrenzt ist, treffen wir immer die beiden hellen Polarflecke, die im wesentlichen immer beide dasselbe Aussehen haben und die Herr Trouvelot mit den Polarflecken des Mars vergleicht. Wie Schröter, so hat auch Herr Trouvelot in der Nähe der Hörner gelegentlich helle Punkte aufblitzen sehen und dieselben als hohe Eisberge gedeutet. Aus zwei solchen Wahrnehmungen vom Jahre 1878 (Februar 3, Januar 19) findet er für die Umdrehungszeit:

$$23^h\ 49^m\ 28^s$$

Herr Wislicenus findet aus den Beobachtungen des dunklen Fleckes vom Jahre 1876 und 1891 durch verschiedene Kombination die Werte:

$$23^h\ 59^m\ 55^s \text{ und } 23^h\ 56^m\ 11^s$$

wobei allerdings bei dem ersten die Annahme gemacht ist, dass die im Jahre 1891 gesehenen Flecke mit denen von 1876 identisch sind.

Endlich gibt Herr Trouvelot für die beiden anderen Rotationselemente die Werte:

Länge des aufsteigenden Knoten = 2°
Neigung des Aequators gegen die Bahnebene = 10° bis 12°.

Doch bemerkt er selbst, dass der eine oder andere von diesen Werten vielleicht noch wesentliche Aenderungen erfahren dürften.

Seit dem Erscheinen der vier soeben besprochenen Arbeiten ist die Frage nach der Rotationszeit der Venus immer mehr in den Vordergrund getreten. Die Zahl der Beobachter, welche sich diesem Gegenstande widmen, hat bedeutend zugenommen und trotzdem ist der Zwiespalt noch immer der nämliche geblieben. Die Herren Mascari[1]), Cerulli[2]), Schiaparelli[3]), Perrotin[4]), Lowell[5]), Fontserè[6]) u. a. haben eine wesentliche Konstanz und Unbeweglichkeit der Flecke bemerkt und glauben darin einen Beweis für die 224tägige Rotation zu erblicken. Die Herren Hilliger[7]), Brenner[8]), Roberts u. a. haben deutliche Verschiebungen innerhalb weniger Stunden wahrgenommen, entsprechend einer etwa 24stündigen Umdrehungszeit.

Wenn man alle Beobachtungen über Venus, welche in den letzten fünf Jahren angestellt wurden, durchsieht, so findet man in den wesentlichen Wahrnehmungen eigentlich eine ganz gute Uebereinstimmung sämmtlicher Beobachter (ausgenommen die Beobachtungen des Herrn Lowell). Alle bemerken den hellen Aussenrand, an den Hörnern auffallend helle Flecken, die Polarflecken, und im Innern der Planetenscheibe ist gewöhnlich ein dunkler Streifen parallel zur

---

[1]) A. Mascari, Osservazioni di Venere fatte negli anni 1892—1895 all' osservatorio di Catania e sul Etna. A. N. 3329. Bd. 139, pag. 257.

A. Mascari, Recenti osservazioni di Venere. A. N. 3331. Bd. 139, pag. 303.

[2]) V. Cerulli, Le ombre di Venere. A. N. 3310. Bd. 138, pag. 365.

V. Cerulli, Venere nel Novembre 1895. A. N. 3329. Bd. 139, pag. 263—266.

[3]) G. Schiaparelli, Zwei Schreiben von Herrn Prof. G. Schiaparelli in Mailand an den Herausgeber betr. die auf der Oberfläche der Venus beobachteten Flecken. A. N. 3304. Bd. 138, pag. 249—252.

[4]) J. Perrotin, Sur l'observatoire du Mounier. Comptes Rendus, tome CXXI, pag. 542—545.

J. Perrotin, Observation de Vénus sur le mont Mounier. Comptes Rendus, tome CXXII, pag. 442—446.

[5]) P. Lowell, The rotation period of Venus. A. N. 3406. Bd. 142, pag. 361—364.

[6]) E. Fontserè, Nouvelles observations de Vénus effectuées les mois de Janvier, Février et Mars 1897. A. N. 3430. Bd. 143, pag. 357—360.

[7]) J. C. Hilliger, Einige Wahrnehmungen am Planeten Venus. Sirius, Bd. 24, pag. 7, 163.

[8]) L. Brenner, Ueber eine merkwürdige Erscheinung auf Venus. A. N. 3299. Bd. 138, pag. 183—184.

— Zur Frage über die Venusrotation. A. N. 3300. Bd. 138, pag. 197—200.

— Die Schatten auf der Venus. A. N. 3314. Bd. 139, pag. 25—28.

— Zu den Venus-Beobachtungen der Herren Mascari und Cerulli in A. N. 3329 und 3331. A. N. 3347. Bd. 140, pag. 175—176.

Endlich finden sich Venusbeobachtungen von Herrn Brenner in folgenden Nummern der Zeitschrift:

»English Mechanic and World of Science« Nr. 1578, 81, 83, 84, 89, 90, 92, 97, 1602.

Herr Brenner hatte auch die Freundlichkeit, mir diese Nummern zuzusenden und mir die Originalbeobachtungen der Herren Hilliger und Roberts zur Einsicht zu überlassen, und drängt es mich, ihm für alle seine Bemühungen hier meinen aufrichtigsten Dank zu sagen.

Lichtgrenze sichtbar. Ueberall zeigt sich mehr oder weniger ausgesprochen eine symmetrische Anordnung dieser hier angeführten Wahrnehmungen und auch anderer Details, in Bezug auf die Figur der Phase. Die sämmtlichen neueren Zeichnungen lassen sich also mit diesen wenigen Worten beschreiben und es ist deshalb für unseren Zweck vollständig überflüssig, jede der Arbeiten noch besonders zu besprechen, und dürfte es genügen, noch die folgenden beiden Punkte hervorzuheben.

Die Beobachtungen des Herrn Perrotin vom Jahre 1890 und diejenigen von 1895 (Sur l'observatoire du Mounier) wurden angestellt, als der östliche Teil der beleuchteten Venushalbkugel der Erde zugekehrt war, während seine letzten Beobachtungen im Winter 1895—96 bei westlicher Elongation angestellt sind. Herr Perrotin bemerkt nun, dass in beiden Elongationen das Aussehen der Venus dasselbe war; er sagt:

»Les observations de 1890 relatives au côté oriental de la planète, comparées à celles du côté occidental de décembre 1895 et de février 1896, prouvent, autant par les dessins qui ont été faits que par les descriptions qui les accompagnent, que les deux côtés du terminateur se présentent à quelque détails près sous le même aspect, circonstance qui dans la supposition d'une rotation très lente, est seule compatible avec une durée de rotation égale à celle de la révolution siderale.«

Die Venusoberfläche hat damit nach Herrn Perrotin das folgende Aussehen:

Längs des ganzen Terminators sind rings um den Planeten, die Polarflecke mitgerechnet, etwa zehn helle Flecke sichtbar, darauf folgt ein 10° bis 15° breites dunkles Band, das also auf der Venuskugel einen Kreis bildet, dessen Ebene auf der Linie Venus-Sonne senkrecht steht, und in der Mitte der beleuchteten Venushalbkugel befindet sich die hellste Stelle. Dass bei Annahme der Rotation von Herrn Schiaparelli die atmosphärischen Zustände eine solche Anordnung nach kleinsten Kreisen zeigen müssen, ist ganz natürlich, nur ist dabei nicht recht einzusehen, dass die hellen Flecke längs des Terminators auch gar so symmetrisch verteilt sind zur Figur der Phase und immer zwei von den zehn hellen Flecken an den Hörnern liegen.

Wesentlich abweichend von den Ansichten aller andern Beobachter in Bezug auf die atmosphärischen Verhältnisse auf Venus sind die Anschauungen von Herrn Brenner. Er glaubt, dass die dunklen Flecke, welche er auf seinen zahlreichen Zeichnungen der Jahre 1893—1896 wiedergibt, den auf der festen Oberfläche des Planeten angehörenden Terrainverhältnissen zuzuschreiben sind. Die Venusatmosphäre wäre nach Herrn Brenner allerdings auch dichter als die der Erde, jedoch immer noch derart, um einen Blick auf die feste Oberfläche zu gestatten. Von dieser Annahme ausgehend ist es ihm dann sogar möglich, eine Karte der Venusoberfläche zu entwerfen und aus einer Anzahl seiner besten Zeichnungen findet er für die Rotationszeit:

$$23^h\ 57^m\ 36^s.24.$$

Der Venusäquator tällt auch bei Herrn Brenner mit der Bahnebene des Planeten nahe zusammen.

Herr Brenner hat auch versucht, durch Hinzuziehung anderer Beobachtungen seine Rotationszeit zu verificieren, und ich möchte hier noch auf zwei solche hinweisen, welche eine Bestätigung des Brenner'schen Wertes fast ausser Zweifel stellen könnten. Die erste Beobachtung rührt von Herrn Stuyvaert her und ist am 4. März 1892 gemacht worden[1]); die andere wurde am 10½zöll. Refraktor der Münchener Sternwarte am 31. Mai 1896 erhalten und ist im Anhange als Fig. 12 wiedergegeben. Beide Zeichnungen haben zweifellos viel Aehnlichkeit und liegt daher der Versuch sehr nahe, einen Wert für die Rotationszeit daraus abzuleiten. Man findet nun unter Berücksichtigung der verschiedenen Stellungen von Erde und Venus in den Jahren 1892 und 1896 unter der Annahme von 1552 vollständigen Rotationen den Wert $23^h\ 57^m\ 36^s.38$, also einen Wert, der in recht guter Uebereinstimmung mit demjenigen von Herrn Brenner ist.

Ein Gefühl der Unsicherheit des Unfertigen muss wohl bei jedem wach werden, der sich je mit diesem Gegenstande beschäftigt, und dies besonders, wenn man gerade die neueren und neuesten

1) English Mechanic etc. Nr. 1597. 1895 Nov. 1.

Beobachtungen unserer dritten Periode betrachtet. Unwillkürlich muss sich dabei jedem der Gedanke aufdrängen, ob nicht die gemachten Wahrnehmungen zum Teil auf ganz andere Art zu erklären seien, als dies bis jetzt fast immer geschehen ist, und es scheint auch, dass diese letzte Ansicht in allerneuester Zeit mehr und mehr zu ihrem Rechte kommt, nachdem man sich mehr denn zwei Jahrhunderte hatte täuschen lassen.

Herr Barnard[1]) hat in den Jahren 1888—1895 Venus auf der Licksternwarte sowohl mit dem 36 Zöller als auch hauptsächlich mit dem 12 zöll. Refraktor sehr oft beobachtet, doch sagt er: »Vague indefinite spots were often visible, but it was not possible to see them well enough to identify for rotational purposes.« Es ist dieses Resultat um so auffallender, als Herr Barnard unter sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen beobachtete und auch durch Abblendung des Objectives und andere Hilfsmittel sich die günstigste Art der Beobachtung der Venus bei Tage zu bestimmen suchte. Er will auch die Hauptschwierigkeit der Venusbeobachtungen dem Umstand zuschreiben, dass dieselben bei Tage in möglichst grosser Höhe des Planeten angestellt werden müssen, wobei dann die Luft doch niemals die Ruhe zeigt wie nachts. Herr Barnard teilt nur eine Zeichnung vom 29. Mai 1889 mit, welche nach seiner Aussage unter sehr günstigen atmosphärischen Zuständen angestellt ist. Dieselbe zeigt bei einem Phasenwinkel von 130° drei dunkle Flecke symmetrisch zur Phase verteilt und es sind dieselben nach dem Terminator zu durch eine demselben parallel laufende dunkle Linie begrenzt.

Aus dem Jahre 1897 liegen endlich noch eine Anzahl Beobachtungen vor, welche Herr C. Flammarion[2]) und die Herren Antoniadi und Mathieu in Juvisvy in den Sommermonaten erhalten haben. Das Aussehen der Zeichnungen ist durch die schon oben gegebene kurze Beschreibung aller neueren Beobachtungen wohl schon genügend charakterisiert und es ist nur zu bemerken, dass auch Herr Flammarion nicht imstande ist, aus seinen Beobachtungen irgend welchen Schluss auf die Umdrehungszeit zu machen, ja er ist vielmehr der Ansicht, dass man bei allen bisherigen Beobachtungen zum grössten Teil getäuscht worden sei und wir kommen damit nach zwei Jahrhunderten wieder auf D. Cassini zurück, der, wie schon oben bemerkt, sagte:

»Ce seroit en vain qu'on tâcheroit de déterminer par ce moyen s'il y a du mouvement.«

---

[1]) E. E. Barnard, Physical and micrometrical observations of the Planet Venus etc. The Astrophysical Journal Vol. V Number 5.

[2]) C. Flammarion, Some new views as to the planet Venus. Knowledge Vol. XX Nr. 144, 145.

2.

Wir haben in dem ersten Abschnitt wohl zur Genüge bemerkt, wie unvollkommen alle bis dahin aufgestellten Hypothesen über die Umdrehungszeit der Venus sind. Die Wahrnehmungen von Flecken, die unter sich die grösste Aehnlichkeit zeigen, sind von den verschiedenen Beobachtern zur Ableitung der verschiedensten Rotationswerte benutzt worden. An den runden dunklen Flecken, welche sich durch ihr ewiges Kleben an der Lichtgrenze kennzeichnen, hat Bianchini eine tägliche Bewegung von nur 15° konstatiert, während De Vico und seine Gehilfen ein deutliches Fortschreiten derselben innerhalb weniger Stunden bemerkten. Ebenso sah Schröter jenen dunklen Längsstreifen sich deutlich im Sinne einer kurzen Rotation weiterbewegen, während neuere Beobachter eine grosse Konstanz in der Lage ganz ähnlicher Gebilde wahrgenommen haben. Wenn man von Bianchini und dem Hauptteil der Wahrnehmungen De Vico's absieht, so kann man sagen, dass alle Beobachter im Grossen und Ganzen dasselbe gesehen haben und nur die Deutung der Beobachtungen ist in jedem Falle eine andere. Es würde jedoch trotzdem gegenwärtig zweifellos ein ganz erfolgloses Unternehmen sein, wollte man alle vorhandenen Beobachtungen mit einem einzigen Werte für die Rotations-

zeit in Einklang zu bringen suchen. Wenn also von dieser Seite sich nichts weiter thun lässt, so scheint es nicht ganz unberechtigt, die Frage von einem ganz andern Standpunkte aus zu betrachten. Es ist im vorigen Abschnitte nun schon verschiedentlich von den Ursachen die Rede gewesen, welche eventuell als Erklärung für die beobachteten Phänomene dienen könnten, und der Zweck alles folgenden soll nun darin bestehen, jene Ursachen näher zu diskutieren und das Dafür und Dagegen zu erwägen.

Die Ursachen, welche bei der Entstehung der dunklen und hellen Gebilde, wie man solche auf Venus wahrnimmt, im Spiele sein können, sind nun recht verschiedener Art. Zum ersten spielt wohl unsere Atmosphäre, sei es nun durch ihre fortwährende Unruhe, sei es durch ihre Helligkeit bei Tag, eine ganz wesentliche Rolle und es haben ja schon die Herren Schiaparelli und Brenner[1]) dieses Argument zur Erklärung der verschiedensten Wahrnehmungen benutzt. Eine weitere Ursache scheint mit der Lichtverteilung auf der unvollständig beleuchteten Planetenscheibe insofern zusammenzuhängen, als durch jene unter Umständen physiologische Erscheinungen entstehen können, die das Aussehen der Planetenscheibe wesentlich ändern. Endlich sei noch drittens die Beugung des Lichtes an der Oeffnung der Fernrohre erwähnt, welche bei einer genauen Diskussion der Lichtverteilung in der Fokalebene an und für sich schon nicht zu vernachlässigen wäre, besonders wenn man bedenkt, dass eine grosse Zahl der Venusbeobachtungen mit verhältnissmässig kleinen Fernrohren angestellt wurden und die Beugungswirkung umgekehrt proportional der Objektivöffnung ist, wenn ich mich so ausdrücken darf. Wie man jedoch leicht übersehen kann, wird sich der Einfluss der Beugung nicht in jenen Punkten bemerkbar machen, welche wir hier in erster Linie betrachten wollen. Jene dunklen Meridianstreifen können durch dieselbe wohl nach der einen oder andern Richtung etwas verschoben werden, die Erscheinung wird aber dennoch hier dieselbe bleiben. Erst wenn man sich die Aufgabe stellt, die Lichtverteilung in der Nähe der Hörner zu betrachten, wird auch die Beugung zu ihrem Rechte kommen. Wir werden ihren Einfluss nun zunächst ganz unberücksichtigt lassen, um dann zum Schlusse noch einige Betrachtungen darüber beizufügen.

Alles zusammenfassend kann man also sagen: soll hier der Versuch gemacht werden, den grössten Teil der auf Venus beobachteten Flecke als physiologischer Natur zu erklären, durch Kontrastwirkung, welche durch die Lichtverteilung und in letzter Instanz durch das auf der Planetenoberfläche geltende Beleuchtungsgesetz bedingt sind; dazu kommen nun noch die Umstände, unter denen wir jene Planetenoberfläche betrachten, die Atmosphäre der Erde, welche, wie oben schon angedeutet, die Beobachtung der Planeten in verschiedener Hinsicht beeinflussen kann.

Wie wir gesehen, haben schon mehrere Beobachter die Frage aufgeworfen, ob nicht die von ihnen bemerkten Flecken zum Teil auf Täuschung beruhen, doch ist dabei fast nie auf den Gegenstand näher eingetreten worden. Schröter hat allerdings noch die meisten Anstrengungen gemacht, um sich von dem Glauben getäuscht zu sein frei zu machen, indem er an demselben Tage mit verschiedenen Instrumenten Venus beobachtete. Doch sah er immer denselben dunklen Streifen und musste er ihn sehen, da die Ursache eben nicht, wie er anfangs glaubte, in einer Eigentümlichkeit eines bestimmten Instrumentes zu suchen ist und nur insofern von dem Instrumente abhängen kann, als ein kleineres für die Wahrnehmung solcher Erscheinungen günstiger sein kann.

Erst in neuerer Zeit ist diese Art der Deutung der Beobachtungen, wie sie hier versucht werden soll, etwas bestimmter ausgesprochen worden. Soweit mir bekannt, zuerst von E. S. Holden.[2]) Herr Holden sagt bei Gelegenheit der Besprechung einiger von ihm auf der Licksternwarte im Jahre 1889 angestellter Venusbeobachtungen:

»I am inclined to think that much if not all, of the dark shadings of the last two sketches may be due to contrast with the very brilliant border of the planet.«

Endlich hat in allerneuester Zeit Herr C. Flammarion in einem Aufsatze, der fast gleichzeitig in der englischen Zeitschrift »Knowledge« und in der Wiener »Neuen freien Presse«[3]) erschienen ist,

---

[1]) Herr L. Brenner hat die merkwürdigen Lowell'schen Phänomene durch Unruhe der Bilder zu erklären gesucht.

[2]) Publications of the Astronomical Society of the Pacific. Vol. 8, pag. 182, 1896.

[3]) »Neue Freie Presse« 1897, Oktober 6. Morgenblatt Nr. 11901.

die Ansicht ausgesprochen, dass wir bis jetzt bei allen Versuchen die Venusrotation zu bestimmen getäuscht worden sind. Herr Flammarion sagt am Schlusse: »Dies zusammenfassend glaube ich, dass man nichts über die Rotation der Venus sagen kann, und dies umsoweniger, als die durch ihre dichte Atmosphäre hervorgerufene Absorption sicher verhindert, irgend ein Detail der Oberfläche wahrzunehmen. Die sorgfältigste Untersuchung aller Beobachtungen führt uns auf den Gedanken, dass die grauschimmernden Flecken, die man von Zeit zu Zeit wahrnimmt, sowohl durch die Sonnenbeleuchtung hervorgerufene Kontrasteffekte, als auch undeutlich begrenzte Schatten atmosphärischer Natur sind, die uns keine brauchbaren Angaben zur Auffindung der Rotation geben können. Es tritt hier mehr als je der Fall ein, dass ein jeder Beobachter nach seiner Art sieht und zeichnet. Sicher weiss man nichts. Der Venusball kann sich unter seiner dichten Einhüllung drehen, ohne dass diese Bewegung sich irgendwie, ausser durch einige vorübergehende und unsichere Effekte, unseren Augen bemerkbar macht. Niemand hat noch auf Venus einen Flecken gesehen, welcher gut begrenzt war, ähnlich jenen, die wir auf den Scheiben des Mars oder des Mondes antreffen. Die bisher angefertigten Karten der Venus sind daher nur Produkte einer Illusion, einer Täuschung.«

3.

Wenn wir uns die Aufgabe stellen, die physiologischen Verhältnisse zu betrachten, welche durch die Lichtverteilung auf einer unvollständig erleuchteten Planetenscheibe, insbesondere bei Venus, mitwirken können, so kommt es in erster Linie darauf an, welches Beleuchtungsgesetz auf dem Planeten gilt. Beschränken wir unsere Betrachtungen auf Venus, so wird uns die Wahl bleiben zwischen dem Lommel-Seeliger'schen und dem Lambert'schen Gesetze. Von diesen beiden schliesst sich das Lommel-Seeliger'sche den photometrischen Beobachtungen weit besser an und verdient hier wohl schon deshalb den Vorzug, als dasselbe in seiner verallgemeinerten Form noch eine Konstante enthält, die wir noch beliebig variiren können.

Wir nehmen also nun im Folgenden einen solchen idealen Planeten an, auf dessen Oberfläche das Lommel-Seeliger'sche Beleuchtungsgesetz in seiner verallgemeinerten Form gilt. Und die Resultate, zu denen wir damit gelangen, sind nur insofern mit den Venusbeobachtungen vergleichbar, als man annehmen darf, dass auch auf Venus ein Beleuchtungsgesetz gelten muss, welches ganz ähnliche Wirkungen auf unser Auge erzeugen wird, wie solche für den hier angenommenen idealen Fall ganz zweifellos eintreten. Wir haben ja gesehen, dass schon W. Herschel und in neuerer Zeit besonders Herr Prof. H. C. Vogel darauf aufmerksam gemacht haben, dass Venus wahrscheinlich von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben ist. Eine solch dichte Atmosphäre, in welche das Licht bis zu einiger Tiefe eindringen kann, entspricht nun gerade den Voraussetzungen, welche dem Lommel-Seeliger'schen Gesetze zu Grunde liegen, und es ist insofern wohl schon gerechtfertigt, wenn wir die folgenden Betrachtungen mit den Erscheinungen auf dem Planeten Venus in Parallele stellen.

Die scheinbare Helligkeit in irgend einem Punkte der Planetenscheibe ist nach dem Lommel-Seeliger'schen Beleuchtungsgesetz ausgedrückt durch:

$$K = \Gamma \cdot \frac{\cos i}{\cos i + \lambda \cos \varepsilon} \qquad (1)$$

wobei Γ eine Constante und $\lambda = \frac{k}{k'}$ das Verhältniss der Absorptionscoefficienten des einfahrenden resp. ausfahrenden Strahles bedeuten. Die scheinbare Helligkeit ist also proportional der Grösse

$$Q = \frac{\cos i}{\cos i + \lambda \cos \varepsilon}$$

Wobei i resp. ε den Einfalls- resp. Ausfallswinkel des Lichtstrahles bedeuten.

Setzt man nun in bekannter Weise:

$$\cos i = \cos \psi \cos (\omega - \alpha)$$
$$\cos \varepsilon = \cos \psi \cos \omega$$

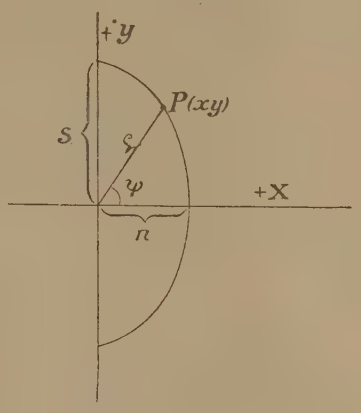
So wird:

$$Q = \frac{\cos(\omega - \alpha)}{\cos(\omega - \alpha) + \lambda \cos\omega} \tag{2}$$

Dabei bedeuten ψ und ω die Coordinaten eines Oberflächenelementes bezogen auf das Centrum des Planeten und zwar: ψ die Breite des Elementes in Bezug auf die Ebene Planet—Sonne—Erde, die wir im Folgenden abkürzend als Aequatorebene des Planeten bezeichnen wollen, ω ist die Länge des Elementes gezählt auf der Aequatorebene vom Centralmeridian[1]) aus, endlich bedeutet α den Phasenwinkel, d. h. den Winkel am Planeten in dem Dreieck Planet—Sonne—Erde. Wie Herr Dr. E. Anding[2]) bemerkt hat, sind, da ψ in (2) nicht vorkommt, die Kurven gleicher Helligkeit Halbellipsen, welche die Verbindungslinie der beiden Pole als gemeinsame grosse Axe haben, von welcher Bemerkung wir nun gleich Gebrauch machen werden.

Sind nämlich s, n die Halbaxen der Ellipse, ϱ, ψ die Polarcoordinaten eines Punktes P derselben (Fig. 6), bezogen auf den Mittelpunkt der Planetenscheibe und $\varkappa$ die numerische Excentricität der Ellipse, so ist:

Fig. 6.



$$\sin\omega = n$$
$$\cos\omega = \sqrt{1 - n^2}$$
$$\varkappa^2 = \frac{s^2 - n^2}{s^2}$$
$$n = s\sqrt{1 - \varkappa^2}$$
$$\sqrt{1 - n^2} = \sqrt{1 - s^2(1 - \varkappa^2)}$$

Damit geht (2) über in:

$$Q = \frac{\sqrt{1 - s^2(1 - \varkappa^2)}\cos\alpha + s\sqrt{1 - \varkappa^2}\sin\alpha}{\sqrt{1 - s^2(1 - \varkappa^2)}\cos\alpha + s\sqrt{1 - \varkappa^2}\sin\alpha + \lambda\sqrt{1 - s^2(1 - \varkappa^2)}}$$

Setzt man noch zur Vereinfachung $s = 1$, so ist:

$$Q = \frac{\varkappa\cos\alpha + \sqrt{1 - \varkappa^2}\sin\alpha}{\varkappa\cos\alpha + \sqrt{1 - \varkappa^2}\sin\alpha + \lambda\varkappa} \tag{2a}$$

Bezeichnen wir nun ferner mit ω die excentrische Anomalie und mit xy die rechtwinkeligen Coordinaten von P, dann ist:

$$x = n\cos\omega = \varrho\cos\psi$$
$$y = \sin\omega = \varrho\sin\psi$$

Also:

$$\varrho^2 = n^2\cos^2\omega + \sin^2\omega = 1 - \varkappa^2\cos^2\omega$$
$$\varkappa^2 = \frac{1 - \varrho^2}{\cos^2\omega}$$

Nun ist aber ferner:

$$\operatorname{tang}\omega = n\operatorname{tang}\psi$$
$$\cos\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + n^2\operatorname{tg}^2\psi}} = \frac{\cos\psi}{\sqrt{\cos^2\psi + n^2\sin^2\psi}}$$

Damit wird:

$$\varkappa^2 = (1 - \varrho^2)\frac{1 - \varkappa^2\sin^2\psi}{\cos^2\psi} = \frac{1 - \varrho^2}{1 - \varrho^2\sin^2\psi}$$

$$\varkappa = \frac{\sqrt{1 - \varrho^2}}{\sqrt{1 - \varrho^2\sin^2\psi}}, \quad \sqrt{1 - \varkappa^2} = \frac{\varrho\cos\psi}{\sqrt{1 - \varrho^2\sin^2\psi}} \tag{3}$$

---

[1]) Als Centralmeridian ist hier, wie dies allgemein üblich, der Meridian des Planeten bezeichnet, der durch den Erdmittelpunkt geht.

[2]) E. Anding, Ueber die Lichtverteilung auf einer unvollständig beleuchteten Planetenscheibe. A. N. 3095. Bd. 129, pag. 377—389.

Damit geht dann (2a) über in:

$$Q = \frac{\sqrt{1-\varrho^2}\cos\alpha + \varrho\cos\psi\sin\alpha}{\sqrt{1-\varrho^2}(\lambda+\cos\alpha) + \varrho\cos\psi\sin\alpha} \tag{4}$$

Setzt man abkürzend:

$$R = \frac{\sqrt{1-\varrho^2}}{\varrho}, \quad a = \cos\alpha, \quad \Psi = \cos\psi\sin\alpha$$

Dann wird aus (4):

$$Q = \frac{Ra + \Psi}{R(a+\lambda) + \Psi} \tag{5}$$

Damit ist also die scheinbare Helligkeit für jeden beliebigen Punkt der Planetenscheibe als Funktion seiner Polarcoordinaten ϱ, ψ dargestellt und wir sind imstande, die Lichtverteilung längs jedes Radius Vektors ϱ zu untersuchen. Wir bilden zu dem Zwecke $\frac{\partial Q}{\partial \varrho}$, $\frac{\partial^2 Q}{\partial \varrho^2}$ und erhalten:

$$\frac{\partial Q}{\partial \varrho} = \frac{[R(a+\lambda)+\Psi]\frac{\partial R}{\partial \varrho}a - [Ra+\Psi](a+\lambda)\frac{\partial R}{\partial \varrho}}{[R(a+\lambda)+\Psi]^2}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \varrho} = -\lambda\Psi\frac{\partial R}{\partial \varrho}\cdot\frac{1}{[R(a+\lambda)+\Psi]^2}$$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial \varrho^2} = -\lambda\Psi\frac{[R(a+\lambda)+\Psi]\frac{\partial^2 R}{\partial \varrho^2} - 2(a+\lambda)\left(\frac{\partial R}{\partial \varrho}\right)^2}{[R(a+\lambda)+\Psi]^3} \tag{6}$$

Diese Gleichung (6) zeigt, dass die Curve, welche die Helligkeit längs eines beliebigen Radius Vektors ϱ darstellt, singuläre Punkte haben wird, deren Abstände vom Mittelpunkte der Planetenscheibe sich aus der Gleichung ergeben:

$$[R(a+\lambda)+\Psi]\frac{\partial^2 R}{\partial \varrho^2} - 2(a+\lambda)\left(\frac{\partial R}{\partial \varrho}\right)^2 = 0 \tag{7}$$

Nun ist:

$$R^2 = \frac{1}{\varrho^2} - 1$$

$$R\frac{\partial R}{\partial \varrho} = -\frac{1}{\varrho^3}, \quad \left(\frac{\partial R}{\partial \varrho}\right)^2 = \frac{1}{\varrho^4(1-\varrho^2)}$$

$$R\frac{\partial^2 R}{\partial \varrho^2} + \left(\frac{\partial R}{\partial \varrho}\right)^2 = \frac{3}{\varrho^4}$$

$$R\frac{\partial^2 R}{\partial \varrho^2} = \frac{3}{\varrho^4} - \frac{1}{\varrho^4(1-\varrho^2)}$$

$$\frac{\partial^2 R}{\partial \varrho^2} = -\frac{2-3\varrho^2}{\varrho^3(1-\varrho^2)^{3/2}}$$

Damit geht (7) über in:

$$\left[\frac{\sqrt{1-\varrho^2}}{\varrho}(a+\lambda)+\Psi\right]\frac{2-3\varrho^2}{\varrho^3(1-\varrho^2)^{3/2}} - 2(a+\lambda)\frac{1}{\varrho^4(1-\varrho^2)} = 0$$

Oder:

$$-3\varrho^2(a+\lambda)\sqrt{1-\varrho^2} + 2\varrho\Psi - 3\varrho^3\Psi = 0 \tag{8}$$

Und es ergibt sich daraus der erste singuläre Punkt $\varrho_3 = 0$, d. h. der Mittelpunkt der Planetenscheibe. Es bleibt dann noch die Gleichung:

$$-3\varrho(a+\lambda)\sqrt{1-\varrho^2} + 2\Psi - 3\varrho^2\Psi = 0$$

Oder nach einer Umformung:

$$\varrho^4 \cdot 9\,[(a+\lambda)^2 + \Psi^2] - \varrho^2\,[9\,(a+\lambda)^2 + 12\,\Psi^2] + 4\,\Psi^2 = 0 \tag{9}$$

Diese biquadratische Gleichung gibt für die weiteren singulären Punkte:

$$\varrho^2 = \frac{3\,(a+\lambda)^2 + 4\,\Psi^2 \pm \sqrt{[3\,(a+\lambda)^2 + 4\,\Psi^2]^2 - 16\,\Psi^2\,[(a+\lambda)^2 + \Psi^2]}}{6\,[(a+\lambda)^2 + \Psi^2]}$$

Oder wenn

$$\frac{\Psi^2}{3\,[(a+\lambda)^2 + \Psi^2]} = t$$

gesetzt wird:

$$\varrho^2 = \frac{1}{2}\left\{1 + t \pm \sqrt{1 + t^2 - \frac{10}{3}\,t}\right\}$$

wobei

$$t = \frac{1}{3}\,\frac{1}{1 + \left(\dfrac{\cos\alpha + \lambda}{\cos\psi \sin\alpha}\right)^2}$$

Auf jedem Radius Vektor liegen also noch zwei singuläre Punkte auf der Helligkeitskurve und es sollen dieselben mit ϱ_1 resp. ϱ_2 bezeichnet werden, wobei gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned} \varrho_1^2 &= \frac{1}{2}\left\{1 + t + \sqrt{1 + t - \frac{10}{3}\,t}\right\} \\ \varrho_2^2 &= \frac{1}{2}\left\{1 + t - \sqrt{1 + t - \frac{10}{3}\,t}\right\} \\ t &= \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 + \left(\dfrac{\cos\alpha + \lambda}{\cos\psi \sin\alpha}\right)^2} \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

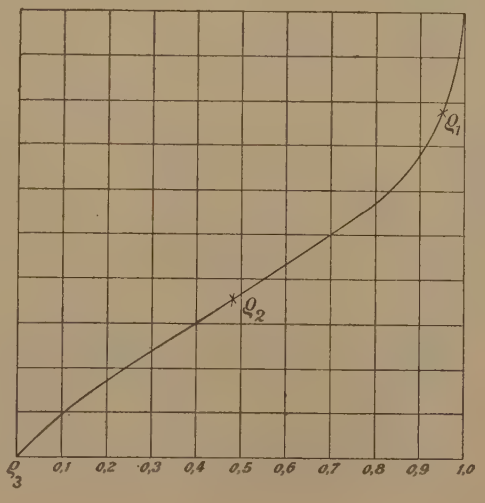
Was nun die Art dieser singulären Punkte angeht, so ergibt sich dieselbe schon aus einer Aufzeichnung der Beleuchtungskurve für $\alpha = 90°$, $\psi = 0°$, $\lambda = 1$. Die Helligkeit ist in diesem Falle proportional zu

$$f = \frac{\sin\omega}{\sin\omega + \cos\omega}$$

wobei ω die in der obigen Weise definierte Länge bedeutet. Man erhält für f folgende Werte:

sin ω	f	sin ω	f
0,00	0.000	0.75	0.531
0.10	091	0.80	571
0.20	170	0.85	617
0.30	239	0.90	674
0.40	304	0.92	701
0.45	335	0.94	734
0.4896	360	0.95	753
0.50	366	0.9628	781
0.55	397	0.97	799
0.60	429	0.98	831
0.65	461	0.99	0.875
0.70	495	1.00	1.000

Fig. 7.



Aus dem Verlauf der f-Kurve (Fig. 7) ersieht man, dass ϱ_2, ϱ_3 Wendepunkte sind und ϱ_1 einer mehrpunktigen Berührung ungerader Ordnung entspricht. Wenn wir α variieren, dabei aber immer $\psi = 0$, $\lambda = 1$ setzen, so erhalten wir folgende Werte I.

I.

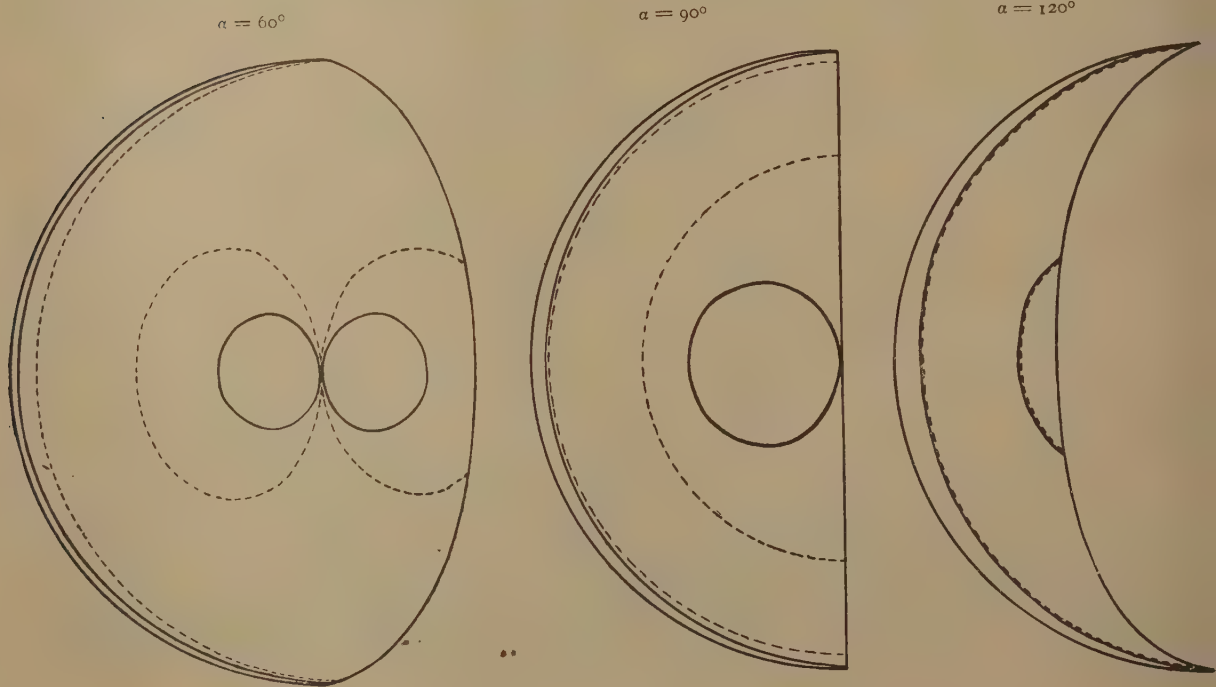
α	ϱ_1	ϱ_2
30°	0.996	0.173
40	993	230
50	989	285
60	984	339
70	978	391
80	971	441
90	963	490
100	953	536
110	942	580
120	930	621
130	916	660
140	900	692
150	882	730

II.

ψ \ α	ϱ_2 60°	ϱ_2 90°	ϱ_2 120°	ϱ_1 60°	ϱ_1 90°	ϱ_1 120°
0°	0.339	0.490	0.621	0.984	0.963	0.930
10	339	485	618	985	964	931
20	322	473	608	986	966	934
30	301	450	590	988	970	939
40	272	416	562	990	975	947
50	243	367	519	992	981	957
60	188	302	451	995	988	970
70	129	217	346	998	994	983
80	066	114	191	999	999	995
90	000	000	000	1.000	1.000	1.000

Fig. 8.

$\lambda = 1$: ——— $\lambda = 0$: - - - - - -



In der Tafel II sind ferner die Werte für ϱ_1 ϱ_2 $\lambda = 1$ und $\alpha = 60°$, $90°$, $120°$ und für ψ von zehn zu zehn Grad berechnet. Man ersieht daraus und aus Fig. 8, in welcher die Werte von II aufgezeichnet sind, dass die Kurve der ϱ_1, welche kurz als Randkurve bezeichnet werden möge, sich mit wachsendem ψ immer mehr dem Aussenrande nähert, um an den Polen ganz mit ihm zusammenzufallen. Die Kurve der ϱ_2 oder die Wendepunktskurve hat dagegen immer die Form einer liegenden 8 mit dem Anfangspunkt unseres Coordinatensystems als mehrfachen Punkt.

Wir haben bis jetzt nur den speziellen Fall $\lambda = 1$ betrachtet. Aus (10) ergibt sich nun aber leicht, welche Veränderung die Kurven erleiden bei einer Aenderung von λ. Für zunehmendes λ wird die Wendepunktskurve immer kleiner und kleiner, um sich für $\lambda = \infty$ auf den Anfangspunkt zu reduzieren; die Randkurve dagegen nähert sich immer mehr dem äusseren Rande, mit dem sie im Grenzfalle zusammenfällt. Wird $\lambda < 1$, so verändern sich beide Kurven im entgegengesetzten Sinne wie vorhin, und für $\lambda = 0$ erhält man die in Fig. 8 mit ---- gezeichneten Kurven. Dabei ist bemerkenswert, dass für $\alpha = 90°$, $\lambda = 0$ beide Kurven in Kreise mit den Radien $\varrho_1 = 0.950$, $\varrho_2 = 0.656$ übergehen.

4.

Aus den vorigen Betrachtungen ergibt sich, dass die Lichtverteilung auf einer unvollständig beleuchteten Planetenscheibe unter der Annahme des plausibelsten Beleuchtungsgesetzes Eigentümlichkeiten aufweist, deren Einfluss auf unser Auge wir nun noch näher zu untersuchen haben. Es ist oben gezeigt worden, dass der zweite Differentialquotient der scheinbaren Helligkeit in drei Punkten jedes Radius Vektor Null wird. Herr Professor Seeliger[1]) hat nun darauf hingewiesen, dass gerade das Verhalten der zweiten Ableitung bei Phänomenen, wie sie auch hier betrachtet werden sollen, von wesentlicher Bedeutung sein kann. Es lag also der Versuch nahe, die Beleuchtungsverhältnisse, wie sie bei einer unvollständig beleuchteten Planetenscheibe stattfinden, auf ihre physiologischen Wirkungen in der angedeuteten Richtung etwas näher zu prüfen.

Das einfachste Hilfsmittel, um zu entscheiden, inwiefern den Nullstellen von $\frac{\partial^2 Q}{\partial \varrho^2}$ eine physiologisch-optische Bedeutung zuzuschreiben ist, besteht nun in der Anwendung rotierender Scheiben, wie solche von Herrn Professor Seeliger in der oben bemerkten Abhandlung mit so grossem Vorteile zur Verwendung gelangt sind. Was die Anordnung und Ausführung der Beobachtungen anbetrifft, so sind dieselben hier in ganz gleicher Weise gemacht worden wie dort. Die Scheiben hatten ebenfalls einen Radius von 15 Centimeter, und es sind sämmtliche Beobachtungen bei Tag ohne Benutzung künstlicher Lichtquellen angestellt worden.

Zur Konstruktion der Kurven auf den Scheiben hat man:

$$Q = \gamma \alpha$$
$$s = 2 r \sin \frac{\alpha}{2}$$

Dabei ist α der Winkel am Mittelpunkt der Scheibe für den hellen Sektor, der die Helligkeit im Abstande r vom Centrum bestimmt und γ eine Konstante, die im Folgenden den Wert $\frac{1}{90}$ erhält und sich aus dem Umstande bestimmt, dass für $r = 15$ cm, $Q = 1$ wird.

Die angestellten Versuche beschränken sich auf die Untersuchung der Lichtverteilung im Aequator für $\alpha = 90°$. Es ist diese Beschränkung der Beobachtungen insofern wohl schon berechtigt,

---

[1]) H. Seeliger, Die scheinbare Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Abhandlungen der k. bayer. Akad. d. Wiss., II. Cl., Bd. XIX, II. Abt.

als es hier lediglich nur darauf ankommt, zu zeigen, dass die singulären Punkte unsere Wahrnehmung wesentlich beeinflussen können. Es sind nun zwei Scheiben zur Beobachtung benutzt worden, von welchen die erste (I), die Helligkeit längs des ganzen Aequators darstellte, während eine zweite (II) dazu diente, die Erscheinungen in der Nähe des äusseren Randes zu untersuchen und dementsprechend nur die Lichtverteilung von $\varrho = 0.9$ bis $\varrho = 1.0$ zeigte.

Die zur Konstruktion der beiden Scheiben notwendigen Daten sind in dem Folgenden zusammengestellt und es mag nur noch bemerkt werden, dass bei I die Helligkeitskurve 4mal, bei II 8mal aufgetragen wurde.

I				II			
r	ϱ	α	s	r	ϱ	α	s
cm			cm	cm			cm
1.50	= 0.10	8°19	0.22	0.00	= 0.90	60°66	0.00
3.00	0.20	15.21	0.80	1.50	0.91	61.83	1.54
4.51	0.30	21.51	1.68	3.00	0.92	63.09	3.14
6.00	0.40	27.36	2.84	4.50	0.93	64.53	4.80
7.50	0.50	32.94	4.25	6.00	0.94	66.06	6.54
9.00	0.60	38.61	5.95	7.50	0.95	67.68	8.35
10.50	0.70	44.55	7.96	9.00	0 96	69.66	10.28
12.00	0.80	51.48	10.42	10.50	0.97	72.00	12.34
13.50	0.90	60.66	13.63	12.00	0.98	74.79	14.59
14.25	0.95	67.68	15.87	12.90	0.986	77.04	16.07
14.70	0.98	74.79	17.87	13.50	0.99	78.75	17.14
14.85	0.99	78.75	18.84	14.40	0.996	82.80	19.04
15.00	1.00	90.00	21.21	15.00	1.000	90.00	21.21

Die Erscheinungen, welche sich bei der Rotation der Scheiben zeigten, sind nun folgende:

Auf Scheibe I bemerkt man an der Peripherie einen auch nach dem Centrum gut begrenzten hellen Rand und ferner in 7.40 cm Abstand vom Mittelpunkt einen sehr schwachen verwaschenen dunklen Streifen. Die Scheibe II zeigt rotierend in 5.04 cm Distanz vom Mittelpunkt einen sehr deutlich sichtbaren dunklen Streifen, der offenbar der inneren scharfen Begrenzung des hellen Randes bei I entspricht.

Um eine Vorstellung davon zu geben, mit welcher Genauigkeit sich die Einstellungen des vertikal hängenden Fadens auf den Streifen ausführen liess, mögen hier die Beobachtungen mit Scheibe II ausführlich mitgeteilt werden. Es sind dabei die Einstellungen abwechselnd rechts und links vom Mittelpunkte gemacht worden und es ergibt somit die halbe Differenz je zweier aufeinanderfolgender Einstellungen sofort die Distanz vom Mittelpunkt. Die Resultate der Beobachtungen sind nun folgende:

1896, September 14

links	rechts	½ Diff.
cm	cm	cm
20.2	30.4	5.10
19.9	29.8	4.95
20.0	30.3	5.15
20.3	29.8	4.75
20.8	29.5	4.35
20.2	30.2	5.00
20.2	30.1	4.95
		Mittel = 4.89

1896, September 25

links	rechts	½ Diff.
cm	cm	cm
20.0	30.2	5.10
20.2	30.4	5.10
20.2	30.3	5.05
20.2	30.3	5.05
		Mittel = 5.08

Um etwaige Einflüsse von kleinen Zeichnungsfehlern in den Kurven unschädlich zu machen, wurde mit den Werten aus II noch eine weitere Scheibe II gezeichnet und es ergab dieselbe folgende Resultate:

1896, September 25

links	rechts	$\frac{1}{2}$ Diff.
cm	cm	cm
20.0	31.4	5.70
20.3	30.2	4.95
20.4	30.0	4.80
20.1	30.3	5.10
20.0	30.9	5.45
20.3	30.0	4.85
20.0	30.3	5.15
		Mittel = 5.14

Und als Gesammtmittel der drei Beobachtungsreihen folgt der schon oben angegebene Wert 5.04 cm. Es ist dabei noch zu bemerken, dass diese Distanz den Ort angibt, in dem eine plötzliche Lichtabnahme nach dem Mittelpunkt zu eintritt, auf welche Stelle immer eingestellt wurde und welche also die äussere Begrenzung des dunklen Streifens bildete, der nach innen sehr unscharf begrenzt war. Was endlich die Deutlichkeit der wahrgenommenen Lichtabstufungen anbetrifft, so darf man an dieselbe wohl keine grossen Anforderungen stellen, ja die Lichtabstufungen sind im Gegenteil als sehr schwach zu bezeichnen; doch scheint deren Realität genügend verbürgt durch die gute Uebereinstimmung der Beobachtungen und ferner noch mehr durch den Umstand, dass auch Herr Professor Seeliger und Herr Dr. Schwarzschild sich von dem Vorhandensein der Phänomene überzeugt haben und bin ich beiden Herren für ihre Bemühungen zu aufrichtigstem Danke verpflichtet.

Zum Zwecke einer Diskussion der Venusbeobachtungen hatte ich damals, wie ich die Versuche mit Scheibe I anstellte, auch eine grössere Anzahl der Zeichnungen von Herrn L. Brenner ausgemessen und es ergaben sich, wenn mit α der Phasenwinkel und mit β_1 die Länge des gemessenen dunklen Meridianstreifens vom Terminator aus gezählt bezeichnen, die folgenden Werte.

L. Brenner (English Mechanic).

1895		α	β_1	Mittel α	Mittel β_1
April	21	54°	46°		
„	21	54	46	56°	45°
Mai	14	60	43		
Juni	4	81	28		
„	28	85	36		
„	30	88.5	27	86	30
Juli	2	88.5	31		
„	3	89.5	27		
„	8	93	24		
„	9	93	24		
„	11	93	32		
„	13	93	28		
„	8	94	29		
„	9	94	31		
„	9	94	27	95	29
„	14	95	37		
„	8	96	26		
„	14	98	29		
„	16	98	28		
„	17	98	27		
„	26	105	19		
„	26	105	24.9		
„	27	105	19.0	105	20
August	2	105	15.0		
„	3	105	20.6		
„	6	110	21.5		
„	9	114	14.0	113	17
„	10	114	16.5		

β_1 ist hier die Länge des bei Herrn Brenner mit (12) bezeichneten Punktes.

Die Genauigheit dieser Zahlen ist entsprechend dem Verfahren der Ausmessung (Zirkel und Transporteur) und der immerhin beträchtlichen Ausdehnung der Flecke in Länge wohl keine gar grosse, doch für unsern Zweck wohl vollkommen genügende. Nach den in den beiden letzten Kolumnen angegebenen Mittelwerten würde sich für $\alpha = 90°$, $\beta_1 = 29°5$ ergeben. Dies entspricht einer Distanz vom Mittelpunkte der Planetenscheibe $\varrho = 0.492$ und wenn man diesen Wert auf die Scheibe I überträgt, so folgt $r = 7.38$ cm, also innerhalb der möglichen Fehler genau der Wert, für welchen man auf der Scheibe I einen dunklen Streifen beobachtet. Damit erscheint denn auch der Versuch, die Venuszeichnungen mit den Resultaten des vorigen Abschnittes weiter zu vergleichen, vollkommen gerechtfertigt. Diese Vergleichung bezieht sich nun in erster Linie auf die Lage der dunklen Streifen im Aequator und es wurden dementsprechend eine Anzahl der neueren Venuszeichnung nach dieser Richtung hin mit einem Millimetermassstabe ausgemessen und aus den Messungen die Werte für $\alpha\, \varrho_1\, \varrho_2$ berechnet. Zu bemerken ist noch, dass nur eine beschränkte Anzahl der vorhandenen Beobachtungen sich zur Ausmessung gut eignet, da auf vielen von den Zeichnungen die dunklen Streifen so breit und unscharf angedeutet sind, dass eine genaue Einstellung mit dem Massstabe ganz unmöglich wird. Es wurde auch besonders darauf geachtet, nur die besten der vorhandenen Beobachtungen zu benutzen und dabei stellt sich auch heraus, dass gerade diese sich den hier gemachten Betrachtungen am besten anschliessen. Im Folgenden sind nun sämmtliche Resultate der Vergleichungen zusammengestellt und ist nur noch zu bemerken, dass mit $\varrho\, B$ der aus den Zeichnungen durch Ausmessung erhaltene Wert bemerkt ist, mit $\varrho\, R$ derjenige bezeichnet ist, wie er aus der Tafel I pag. 326 durch Interpollation sich ergibt.

		α	$\varrho_2 B$	$\varrho_2 R$	$B-R$
Fr. v. P. Gruithuisen (Astronomisches Jahrbuch 1842).					
1813 Dezember	19	92°1	0.48	0.50	— 0.02
De Vico (Memorie 1839).					
1839 Dezember	9	109.5	0.65	0.58	+ 0.07
„	10	109.8	62	58	+ 04
„	10	108.3	60	57	+ 03
„	11	110.3	60	58	+ 02
„	16	108.1	59	57	+ 02
„	16	104.5	53	56	— 03
„	17	97.2	50	52	— 02
„	19	93.8	50	51	— 01
„	19	94.8	42	51	— 09
G. Schiaparelli (Rendiconti).					
1877 Dezember	15	97.0	0.54	0.52	+ 0.02
E. L. Trouvelot (Société astronomique de France).					
1876 September	2	107	0.57	0.57	0.00
„ „	5	104	54	55	— 01
1891 Februar	18	93	36	50	— 14
„ „	19	93	45	50	— 05
„ „	20	92	54	50	+ 04
„ „	21	90	39	49	— 10
„ „	22	90	39	49	— 10
„ „	23	90	64	49	+ 15
„ „	23	90	36	49	— 13
„ „	20	92	37	50	— 13
„ „	24	87	60	48	+ 12
„ „	25	87	64	48	+ 16
„ „	25	87	26	48	— 22
„ „	28	85	45	47	— 02

			a	$\varrho_2 B$	$\varrho_2 R$	$B-R$
			F. Löschhardt (Wiener Sitzungsberichte).			
1890	August	1	81	0.54	0.45	+ 0.09
„	„	16	75	48	42	+ 06
„	September	28	92	60	50	+ 10
„	Oktober	1	100	53	54	— 01
			A. Mascari (A. N. 3329).			
1891—1893	Fig.	20	108	0.62	0.57	+ 0.05
	„	18	61	19	34	— 15
	„	6	63	45	35	+ 10
	„	8	70	44	39	+ 05
	„	10	67	22	38	— 16
			L. Brenner (English Mechanic).			
1895	April	21	54°2	0.16	0.31	— 0.15
„	„	21	52.6	12	30	— 18
„	Juni	4	70.2	32	39	— 07
„	April	17	53.1	49	30	+ 19
„	Juni	9	73.6	32	41	+ 09
„	„	14	75.2	26	42	— 16
„	„	15	77.9	47	43	+ 04
„	„	16	77.6	49	43	+ 06
„	„	16	77.6	45	43	+ 02
„	„	17	78.9	33	44	— 11
„	„	26	87.4	45	48	— 03
„	„	27	86.9	50	48	+ 02
„	„	28	85.0	52	47	+ 05
„	„	30	88.7	45	49	— 04
„	Juli	2	90.5	50	50	00
„	„	3	91.0	47	50	— 03
„	„	3	92.0	52	50	+ 02
„	„	8	93.7	49	51	— 02
„	„	8	92.8	46	50	— 04
„	„	8	94.0	47	51	— 04
„	„	9	94.5	45	51	— 06
„	„	9	94.5	54	51	+ 03
„	„	9	94.5	55	51	+ 04
„	„	10	95.8	52	52	00
„	„	10	94.5	47	51	— 04
„	„	13	94.5	57	51	+ 06
„	„	14	96.8	56	52	+ 04
„	„	16	97.8	60	53	+ 07
„	„	26	103.8	57	55	+ 02
„	„	26	103.4	59	55	+ 04
„	„	27	102.4	52	54	— 02
„	August	2	107.2	54	57	— 03
„	„	3	105.5	60	56	+ 04
„	„	6	111.5	66	59	+ 07
„	„	9	114.4	61	59	+ 02
„	„	10	114.1	63	59	+ 04
„	November	1	109.1	60	58	+ 02
„	„	10	105.5	61	56	+ 05
„	„	15	100.5	55	54	+ 01
„	„	15	101.6	64	54	+ 10
„	„	16	101.3	64	54	+ 10
„	„	18	98.7	46	53	— 07

			α	$\varrho_2 B$	$\varrho_2 R$	$B-R$
			C. Roberts (Original).			
1895	August	7	104	0.41	0.55	— 0.14
„	„	7	104	44	55	— 11
„	„	7	104	34	55	— 21
„	„	8	103	45	55	— 10
„	„	8	103	50	55	— 05
„	„	8	103	55	55	00
„	„	8	103	59	55	+ 04
„	„	9	102	56	54	+ 02
„	„	11	105	57	56	+ 01
„	„	13	107	53	57	— 04
„	„	15	110	57	57	00
„	„	16	112	52	59	— 07
„	„	17	115	49	60	— 11
„	„	17	114	55	60	— 05
			V. Cerulli (A. N. 3329).			
1895			96 2	0.50	0.52	— 0.02
			Ed. Fontserè (A. N. 3430).			
1897	Fig. 15		90.0	0.48	0.49	— 0.01
			C. Flammarion (Knowledge).			
1897	Juli	12	92.7	0.48	0.50	— 0.02
„	„	14	92.7	48	50	— 02
„	„	14	90.2	53	49	+ 04
„	„	14	90.8	43	49	— 06

			α	$\varrho_1 B$	$\varrho_1 R$	$B-R$
			Fr. v. P. Gruithuisen (Astronom. Jahrbuch 1842).			
1813	Dezember	29	92°1	0.83	0.96	— 0.13
			E. E. Barnard (Astrophysical Journal).			
1889	Mai	12	130	0.89	0.92	— 0.03
			F. Terby (Bulletins de l'académie royl. de Belgique).			
	Fig.	1	51.7	0.87	0.99	— 0.12
	„	2	51.0	87	„	— 12
	„	4	49.8	85	„	— 14
	„	5	50.5	86	„	— 13
	„	7	55.3	88	„	— 11
	„	11	54.7	89	„	— 10
	„	12	„	88	„	— 11
	„	13	55.0	85	„	— 14
	„	14	61.2	86	98	— 12
	„	15	62.0	87	„	— 11
	„	16	64.8	85	„	— 13
	„	17	60.5	83	„	— 15
	„	18	72.5	86	„	— 12
	„	20	78.0	89	97	— 08
	„	21	81.0	87	„	— 10
	„	22	81.2	88	„	— 09
	„	23	83.3	86	„	— 11
	„	24	87.7	88	„	— 09
	„	25	81.0	89	„	— 08

	α	$\varrho_1 B$	$\varrho_1 R$	$B-R$
Fig. 27	86.3	0.89	0.97	— 0.08
„ 29	„	89	„	— 08
„ 30	86.5	90	„	— 07
„ 31	86.2	87	„	— 10
„ 32	86.7	87	„	— 10
„ 33	90.0	92	96	— 04
„ 35	90.8	89	„	— 07
„ 36	92.2	91	„	— 05
„ 37	91.7	90	„	— 06
„ 38	90.8	93	„	— 03
„ 39	90 0	92	„	04
„ 40	95.2	92	„	— 04
„ 42	107.0	92	95	— 03
„ 43	109.0	92	94	— 02
„ 44	124.5	93	92	+ 01
„ 46	70.5	85	98	— 13
„ 47	90.0	90	96	— 06
„ 48	85.7	90	96	— 06
„ 49	99.2	91	95	— 04
„ 50	105.3	93	95	— 02

Die Zusammenstellung der ϱ_2 zeigt, dass die Beobachtung und Rechnung $(B-R)$ in ganz befriedigender Uebereinstimmung sind, besonders wenn man von den kleineren Phasenwinkel absieht, und auch hier sind die grösseren Abweichungen nicht sehr auffallend, da die Fehler in der Zeichnung in dem letzteren Falle gewiss auch grösser sein werden. Die sehr zahlreichen Beobachtungen von Herrn Brenner, bei welchen wegen der Schärfe der Zeichnungen die Ausmessung sich sehr gut ausführen liess, zeigen durchweg kleine Differenzen $(B-R)$. Um eine bessere Vorstellung von der Grösse der Differenzen zu erhalten, muss man bedenken, dass dieselben oben in Einheiten des Radius der Zeichnungen angegeben sind. Nun ist zum Beispiel der Radius der Brenner'schen Zeichnungen durchschnittlich 23 mm. Die Differenz $(B-R)$ ist bei Herrn Brenner im Mittel etwa 0.05 oder also 1.1 mm. Die Breite des dunklen Streifens ist nun aber mindestens 2.5 bis 3 mm und ist derselbe auch an seiner Begrenzung ziemlich verwaschen, so dass eine Differenz von 1 mm gar nichts Auffälliges ist. Endlich mag noch bemerkt werden, dass bei der Vergleichung die Phasenwinkel benutzt wurden, wie sie die Messung aus den Zeichnungen ergab, was natürlich Ursache weiterer Fehlerquellen sein wird; besonders wenn man noch bedenkt, dass die berechneten ϱ auf der nur durch die gegenseitige Stellung der Himmelskörper bedingten Phase beruhen, während die beobachteten ϱ noch durch die in Wirklichkeit immer etwas veränderte Phase beeinflusst sind. Dem Grad der Genauigkeit entsprechend, mit welchem die Messungen sich ausführen liessen, schien jedoch nicht notwendig, diese Umstände zu berücksichtigen und dies um so weniger, als die obigen Vergleichungen doch nur als ein erster Versuch zu betrachten sind.

Von den Beobachtungen des hellen Randes sind nur eine kleine Zahl verglichen worden. Die Differenzen haben hier fast alle dasselbe Vorzeichen (minus), entsprechend einer Verbreiterung des hellen Randes bei der Beobachtung. Dieses Resultat ist auch in Uebereinstimmung mit den Messungen an der Scheibe II. Ueberträgt man nämlich die dort gefundene Zahl 5.04 cm auf die Planetenscheibe, so entspricht derselben $\varrho_1 S = 0.932$. Nun ist aber $\varrho_1 R_{90^\circ} = 0.963$ also $S - R = -0.031$. Ferner ist noch zu bedenken, dass in der Nähe des äusseren Randes die Beugung[1]) wohl eine nicht unwesentliche Rolle spielt und bei dieser Verbreiterung des hellen Randes mitwirken kann.

---

[1]) Der allgemeine Ausdruck für die Beugungsintensität in irgend einem Punkte der Planetenscheibe lässt sich übrigens unter Annahme des Lommel-Seeliger'schen Gesetzes leicht aufstellen, wenn man wieder von der Bemerkung ausgeht, dass die Kurven gleicher Helligkeit Halbellipsen sind mit dem Polardurchmesser als gemeinsame grosse Axe, welche mit $2s$ bezeichnet sein möge. Ist R der Radius der Fernrohröffnung, $\varkappa$ die numerische Excentricität, ω die excentrische Anomalie, dann wird die Beugungsintensität im Punkte $(\varrho\, \psi)$:

Wir haben bis jetzt die Vergleichung der Beobachtungen mit der Rechnung nur in der Richtung des Aequators ausgeführt. Wenn wir nun aber den weiteren Verlauf der beobachteten dunklen Streifen mit den Kurven von 3, Fig. 8, zusammenstellen, so zeigen sich doch ganz bedeutende Abweichungen, die zu ernsten Bedenken gegen die Richtigkeit der vorigen Betrachtungen Anlass geben können und welchen Bedenken wir nun noch zu begegnen haben. Die Wendepunktskurve hat nach der Rechnung für $\lambda = 1$ die Form einer liegenden 8, der entsprechende beobachtete Meridianstreifen schliesst sich jedoch mehr den Ellipsen gleicher Helligkeit an. Nun ist aber zu bemerken, dass der Wendepunkt nicht für alle Winkel ψ gleich deutlich ausgesprochen ist; es zeigt sich im Gegenteil mit zunehmendem ψ eine stetige Abnahme der Veränderung von $\frac{\partial Q}{\partial \varrho}$ und für $\psi = 90°$ ist $Q(\varrho) = \text{const.}$ verschwindet der Wendepunkt vollständig. Ist nun der Wendepunkt im Aequator schon sehr langsam verlaufend und seine Wirkung auf unser Auge schon an der Grenze des Wahrnehmbaren angelangt, so wird man zugeben müssen, dass es nicht möglich sein wird, die ganze Wendepunktskurve zu beobachten. Uebrigens zeigen die grosse Mehrzahl der Beobachtungen auch in diesem Punkte insofern eine gute Uebereinstimmung, als sie auch im Aequator den Meridianstreifen am deutlichsten zeigen. Man vergleiche z. B. die Zeichnungen der Herren Flammarion und Trouvelot. Andererseits muss man auch noch bedenken, welcher Art dieser Wendepunkt für uns bemerkbar wird; nämlich als breiter, beidseitig sehr unscharf begrenzter dunkler Steifen, dessen Breitenausdehnung so gross sein kann, dass die Form der Kurve gar nicht mehr so recht zum Ausdrucke gelangen kann. Endlich möge noch bemerkt werden, dass wir alle Vergleichungen nur für $\lambda = 1$ gemacht haben und ist, wie wir im vorigen Abschnitte sahen, gerade für die Gegend einer halberleuchteten Planetenscheibe bei geringen Aenderungen von λ die Wendepunktskurve bedeutender Veränderung unterworfen.

Was die Erscheinung des hellen Randes anbetrifft, so stimmen die Beobachtungen bis etwa in die Breite von 70° gut mit der Randkurve in 3, Fig. 8, überein. In der Nähe der Pole verlangt nun aber unsere Formel eine allmähliche Verschmälerung des hellen Randes und am Pole selbst müsste seine Breite Null sein. Wir beobachten gerade das entgegengesetzte. Eine grosse Zahl der Venusbeobachtungen zeigen in der Umgebung der Pole eine starke Anschwellung des hellen Randes, die sogenannten Polarflecke. Zur Erklärung dieser Polarflecke hat man wohl vor allem zu beachten, dass gerade in der Nähe der Pole der Einfluss der Beugung auf das Aussehen des Bildes ein nicht unwesentlicher sein kann; dann muss man ferner bemerken, dass an den Polen helle Partien, deren Helligkeit nahe gleich Eins ist, neben Oberflächenteilchen von sehr geringer Helligkeit zu liegen kommen. Dadurch kommen ohne Zweifel Kontrastwirkungen zu stande, indem die helleren Partien neben den weniger hellen, heller erscheinen. Durch eben solche Kontrastwirkungen werden dann umgekehrt die dunkleren Partien innerhalb der Pole dunkler erscheinen als weiter abliegende Teile von gleicher Helligkeit und dadurch zu jenen dunklen Streifen Veranlassung geben, welche man, an die Polarflecke anschliessend, so häufig wahrnimmt und die sich auch auf einem grossen Teile der Zeichnungen von Venus und Merkur, welche unten mitgeteilt werden, wiederfinden. Jedenfalls dürfte es sehr gewagt sein, diese Phänomene, wie sie bei grossem Phasenwinkel an den Polen

---

$$\Im(\varrho\,\psi) = 2\pi^2 R^4 \int_0^{\sin\alpha} \frac{\varkappa\cos\alpha + \sqrt{1-\varkappa^2}\sin\alpha}{\varkappa(\cos\alpha+\lambda) + \sqrt{1-\varkappa^2}\sin\alpha} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \left(\frac{J_1(z)}{z}\right)^2 \sqrt{1-\varkappa^2\sin^2\omega}\; d\varkappa\, d\omega$$

Dabei ist:

$$z = \sqrt{\varrho^2 - \varrho H + 2}$$

$$2 = s^2(1-\varkappa^2\cos^2\omega)$$

$$H = 2s\{\sqrt{1-\varkappa^2}\cos\omega\cos\psi + \sin\omega\sin\psi\}$$

Mit $J_1(z)$ ist die Bessel'sche Funktion erster Ordnung bezeichnet, und als Anfangspunkt der Winkelzählung ist die kleine Halbaxe der Ellipsen gewählt.

auftreten, als reell anzunehmen, bevor man nicht durch weitere Versuche festgestellt hat, inwiefern die soeben angegebenen Ursachen ihre Berechtigung haben.

Ein geeignetes Mittel, dieser Frage näher zu treten, bietet sich in der Beobachtung beleuchteter Kugeln aus zerstreut reflektierenden Substanzen dar. Mit solchen Kugeln wurden nun einige Versuche angestellt, welche mitzuteilen ich mir im Folgenden noch erlauben möchte und die, wie man sehen wird, eine Bestätigung für die gegebene Erklärung der auf Venus wahrnehmbaren Erscheinungen abgeben können.

Die Anordnung der Versuche war nun folgende: Die zu beobachtende Kugel von 5.5 cm Durchmesser wurde in etwa 400 Meter Entfernnng südöstlich von der Sternwarte aufgestellt und hier mittelst einer Petroleumlampe beleuchtet. Die Lampe befand sich auf einem horizontal drehbarem Arme 0.4 Meter von der Kugel entfernt, deren Mittelpunkt in die Drehungsaxe des Armes gebracht wurde. Dadurch war es möglich, durch einfache Drehung des Armes jeden beliebigen Phasenwinkel herzustellen. Als Beobachtungsfernrohr diente der fünfzöllige Refraktor, der im östlichen Turme der Sternwarte aufgestellt ist. Um ferner die Umstände der Beobachtung denen bei den Venusbeobachtungen möglichst gleich zu gestalten, wurde das Gesichtfeld des Fernrohres durch seitliche Beleuchtung des Objektives erhellt. Zu den Versuchen wurden zwei verschiedene Kugeln aus Gummi und Gips benutzt, wie dies bei den Zeichnungen auf Tafel IX angemerkt ist. Eine wesentliche Abhängigkeit von der Substanz liess sich jedoch aus den Zeichnungen nur bezüglich des hellen Randes feststellen, welcher bei der Gummikugel immer viel schärfer zu erkennen war. Der dunkle Meridianstreifen und die hellen Polarflecke waren bei beiden Substanzen sichtbar. Besonders bei nahe halberleuchteter Kugel waren die hellen Polarflecke auffallend deutlich. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Zeichnungen dürfte wohl ganz überflüssig sein und möchte ich hier nur noch darauf aufmerksam machen, dass die Zeichnungen 5, 6, 7 von Herrn Sattler, einem Künstler von Beruf, gemacht wurden, und dem ich hier für seine Bemühungen meinen wärmsten Dank sagen muss. Herr Sattler hat, wie man durch Vergleichung der Zeichnungen 5 und 9 erkennt, ganz dieselben Wahrnehmungen gemacht wie ich selbst, was ganz besonders zu betonen ist, indem diese Thatsache beweist, dass eine vorherige Kenntnis der Phänomene, wie dies bei mir der Fall war, die gemachten Wahrnehmungen in keiner Weise schädlich beeinflusst hat.

5.

Wir hatten im ersten Abschnitte gesehen, dass gerade diese dunklen Meridianstreifen, ja sogar zum Teil der helle Rand dazu benutzt wurden, um als wesentliche Stütze der 224tägigen Rotationsdauer zu dienen. Nach den vorigen Betrachtungen steht es nun aber ganz ausser Zweifel, dass jede Kugel, auf welcher das Lommel-Seeliger'sche Beleuchtungsgesetz in seiner allgemeinen Form gilt, bei nur unvollständiger Beleuchtung schon aus physiologisch-optischen Ursachen ganz ähnliche dunkle Streifen zeigen muss; dieselben haben naturgemäss auch in diesem idealen Fall eine wesentliche Konstanz und erleiden nur bei starken Veränderungen der Phase auch Aenderungen, wie solche auch die Venusflecken zeigen. Von diesem Standpunkte muss also die Unveränderlichkeit der Venusflecken während mehrerer Tage als ganz selbstverständlich angesehen werden und hat man durchaus nicht mehr nötig, zu einer solch langsamen Rotation seine Zuflucht zu nehmen, welche Rotation schon aus ganz anderen Gründen recht unwahrscheinlich ist. Herr Schiaparelli hat zwar zur Begründung der langsamen Rotation noch mehr Gewicht auf seine Wahrnehmungen in der Nähe des Südpoles gelegt, doch sind dieselben, wie die Herren Wislicems und Löschhardt gezeigt haben, durchaus nicht einwandsfrei in Bezug auf die daraus gezogenen Schlüsse.

Wenn also hier einerseits diese langsame Umdrehung sich sehr einfach erklären lässt, so ist es nun andererseits auf den ersten Blick doch auffallend, dass auch Zeichnungen wie z. B. diejenigen des Herrn Brenner, aus denen nach der eigenen Angabe des Beobachters eine kurze

Rotationszeit folgt, mit unserem Versuche recht gut übereinstimmen. Die Sache ist einerseits so auffallend, andererseits aber doch ganz einfach erklärlich, denn wenn der Beobachter richtig sieht, so muss er eben jene Einflüsse, welche mit der Lichtverteilung zusammenhängen, auch mitmachen, mag er nun gleichzeitig noch irgendwelche andere reelle Gebilde wahrnehmen, welche ihm die Rotation des Planeten verraten. Die durch physiologische Wirkungen erzeugten Flecken werden sich mit den offenbar ebenfalls sehr schwachen reellen Gebilden oft teilweise vermischen und dadurch die Auffindung der Rotationszeit sehr erschweren, wenn nicht gar zur Unmöglichkeit machen. Als Endresultat der ganzen Betrachtungen möchte ich deshalb das Folgende bezeichnen:

»Der Bestimmung der Umdrehungszeit des Planeten Venus aus Beobachtungen seiner Oberfläche stellen sich Schwierigkeiten entgegen, welche ihre Ursache zum Teil in dem Beleuchtungsgesetze, das auf dem Planeten gilt, und damit zusammenhängend in unserem Sehvermögen haben. Erst ein genaueres Studium dieser Einflüsse wird uns Mittel an die Hand geben, die reellen Gebilde von den Sinnestäuschungen zu trennen und damit einen einwurfsfreien Wert für die Rotation abzuleiten.«